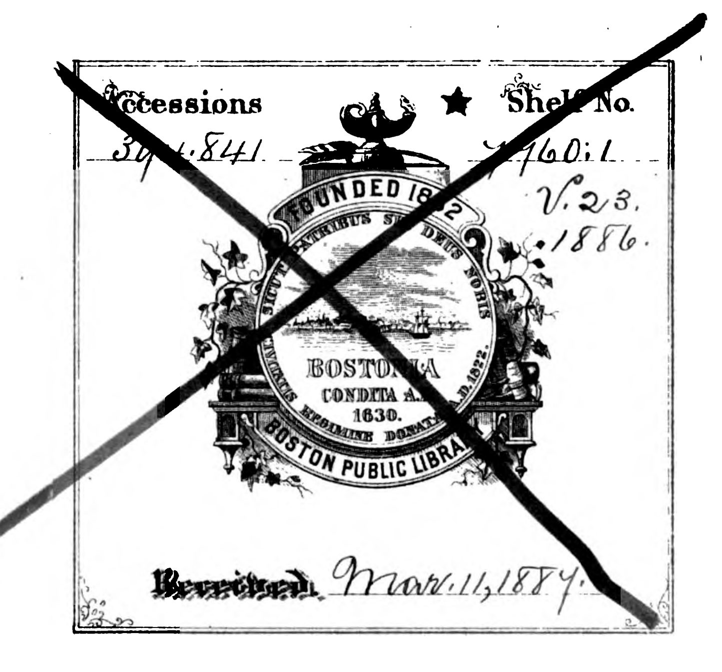

Accessions
Shelf No.
FOUNDED 1852
SICUT PATRIBUS SIT DEUS NOBIS
BOSTONIA
CONDITA A.D.
1630.
CIVITATIS REGIMINE DONATA A.D. 1822.
BOSTON PUBLIC LIBRARY
Received


Accessions
Shelf No.
V. 23.
1886.
BOSTON PUBLIC LIBRARY
CONDITA
1630.
Received Mar. 11, 1887.

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

W. KÜHNE, UND C. VOIT,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN HEIDELBERG, O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN

XXIII. Band. Neue Folge Band V.

1. Heft.

Inhalt.

MÜNCHEN UND LEIPZIG 1886.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

W. KÜHNE, UND C. VOIT,
O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN HEIDELBERG, O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

NEUE FOLGE: FÜNFTER BAND.
DER GANZEN REIHE: DREIUNDZWANZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND LEIPZIG 1887.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG

Inhalt.

Der

Universität Heidelberg

zum Feste

ihres fünfhundertjährigen Bestehens

gewidmet.

Neue Untersuchungen über motorische Nervenendigung.

Von

W. Kühne.

(Mit Tafel A—Q.)

Von der grossen Mehrzahl der Forscher wird heute anerkannt, dass der motorische Nerv der Wirbelthiere hypolemmal ende, immer marklos und in irgend welcher verzweigten Gestalt die contractile Substanz in beschränkter Ausdehnung umfangend. Hierin sind mir Engelmann, Cohnheim, Trinchese, A. Ewald, E. Fischer, Ranvier, Ciaccio und viele andere beigetreten, während nur Beale, Kölliker und W. Krause bei der epilemmalen Nervenendigung verharren. Dagegen ist die Zustimmung, welche meine Beschreibung der Endverästelung („des Geweihs") gefunden hat, bis heute eine sehr beschränkte oder bedingte geblieben, denn wenn auch die typische stangenartige Geweihform des Frosches nach frischen Objecten von Engelmann bestätigt, nach Silber- oder Goldpräparaten von Cohnheim, Krause, Sokolow, Ewald, Fischer, Ranvier und Bremer wieder erkannt wurde, so ist doch diejenige Form, welche ich im Allgemeinen als Platte bezeichnet und bei den Reptilien und den Säugern gefunden hatte, nach frischen Präparaten überhaupt von Niemandem wieder beschrieben und höchstens von Engelmann, der sie jedoch für eine schon cadaverös veränderte erklärte, wieder gesehen worden. Abgesehen von einigen beiläufigen zustimmenden Erwähnungen in den Lehrbüchern würde daher kaum Jemand von den vor mehr als 20 Jahren gefundenen plattenförmigen Geweihen etwas wissen, wenn nicht Cohnheim deren leichte und überaus deutliche Darstellung durch Versilberung, Fischer und Ewald die ebenso in's Auge fallende durch Vergoldung kennen gelehrt hätten. Aber auch aus der jetzt langen Reihe von der Goldmethode gewonnener Anhänger der Endplatten ist mit Aus-

nahme Ewald's keiner zu nennen, der das Object, welches den goldgefärbten, heute jedem Anfänger zugänglichen Gebilden zu Grunde liegt, in der frischen Muskelfaser mit eigenen Augen gesehen hätte.

Nachdem meine Mahnung, die Goldpräparate in erster Linie nach der Vergleichung mit dem Aussehen des frischen Objectes zu beurtheilen [1]) trotz ihrer Selbstverständlichkeit ungehört verhallt ist und ich vergeblich versucht habe, die Aufmerksamkeit auf die allerdings mühsamer zu studirenden, den heutigen optischen Hilfsmitteln aber viel zugänglicher gewordenen frischen Endplatten zurückzulenken, will ich jetzt versuchen durch eine mehr als bisher geschehen in's einzelne gehende Analyse der Goldbilder darzulegen, wie die Goldmethode selber zur Erkenntniss der wahren Form und des feineren Baues der Endplatten führen kann, um damit in Zukunft auch denen zu helfen, welche die Unlust, frisches Material zu prüfen, nicht überwinden werden.

Ich habe bei diesem Versuche zugleich pro domo zu sprechen und mehr vielleicht, als Vielen nöthig scheinen wird, nachdem meinen anfänglich verkannten Angaben so ausgedehnte Bestätigung durch die neueren Methoden zu Theil geworden ist; denn zwischen diesen Bestätigungen und dem, was ich, heute noch allein stehend, für die vollkommenere Erfassung der Naturwahrheit halten muss, glaube ich mehr Differenzen als Andere zu erkennen und ich meine dieselben hervorheben zu müssen, wenn eine wirkliche Uebereinstimmung des jetzt zum Gemeingute werdenden mit dem längst vorhandenen Besitze erreicht werden soll. Nichts liegt mir dabei ferner als Undank gegen das in dieser Hinsicht schon Erreichte, das auch in meinen Augen nichts geringes ist, angesichts der ebenso unablässigen wie vergeblichen Bemühungen, welche die hervorragendsten Histologen in den ersten zwölf Jahren auf die Constatirung meiner Angaben vor Einführung der Goldmethode verwendet haben. Deutsche Forscher haben der Befriedigung über diese Wendung so unverhohlenen Ausdruck gegeben, dass ich die einzige Darstellung, welche davon nichts will, nämlich die französische Ranvier's, zunächst übergehen darf.

---

1) Vergl. W. Kühne, Zur Histologie der motorischen Nervenendigung. Unters. aus d. physiol. Institut zu Heidelberg II. S. 187—214.

Die Goldmethode.

Ueber die Verwendung des Goldes zur Färbung von Muskel- und Nervenfasern ist so viel geschrieben worden, dass man Anlass hätte sich darüber kurz zu fassen, um so mehr, als diejenigen, welche die Methode selber geübt haben, nur zu gut wissen, wie wenig aus den zahlreichen Beschreibungen des Verfahrens zu lernen ist, und dass nur eigenes Probiren und lange Erfahrung über die Erfolge der verschiedenen Vorschriften zu sicheren Resultaten führen. Die motorische Nervenendigung in irgend einer Weise vergoldet sichtbar zu machen, darf gegenwärtig freilich auch dem Anfänger zugemuthet werden und dies ist schon ein erheblicher, bekanntlich durch die Mitwirkung der Reductionsmittel, nach der ersten an Cohnheim's Namen geknüpften Periode der Verwendung des Goldes in der Histologie erreichter Fortschritt; wie aber das Goldbild ausfalle und welche Structurverhältnisse der Nervenendigung es enthülle, ist noch sehr ungenügend beachtet und trotz dem Ueberflusse an Vorschriften schwer vorauszusagen.

Da man mir nachgesagt hat, dass ich der Methode Vorwürfe mache, so halte ich es nicht für überflüssig voranzuschicken, dass mir dieselbe länger und vermuthlich nicht weniger bekannt ist, als sämmtlichen Forschern, die sich ihrer bedient haben. Weit entfernt Vorurtheile gegen die Methode zu hegen, meine ich vielmehr derjenige gewesen zu sein, der von Anfang an die meisten Hoffnungen auf sie zur Aufklärung der Frage nach der motorischen Nervenendigung gesetzt hat und einer der ersten, der ihre Erfolge zu würdigen vermochte. Ein günstiges Geschick hat es gefügt, dass unter meinen Augen Cohnheim die erste Goldfärbung der Corneanerven erzielte und Ewald[1]) nach den anfänglichen Misserfolgen Gerlach's mit der Cohnheim'schen Methode die Muskelnervenenden sichtbar machte. Vorurtheile gegen das Verfahren sind mir daher auch in der früheren Periode fremd geblieben, in welcher W. Krause[2]) und Sokolow[3]) die ersten Färbungen hypolemmaler

1) Dr. Aug. Ewald, Ueber die Endigung der motorischen Nerven in den quergestreiften Muskeln. Pflüger's Archiv 1876. Bd. 12. S. 529—549 mit Taf. VI u. VII.

2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. S. 646.

3) Arch. d. Physiol. norm. et path. 2e sér. I. p. 300.

Nerven, welche so lange nicht wieder glücken wollten, damit erzielt hatten und vollends hätte mir jeder Anlass zum Misstrauen gegen die weiteren Erfolge gefehlt, nachdem es mir vergönnt gewesen, die zahlreichen Präparate von E. Fischer[1]) kurz nach dem Erscheinen der Arbeit dieses Autors zu sehen, in welchen ich die mir von frischen Objecten längst bekannten Bilder der Nervenendigung der verschiedensten Wirbelthiere in ungeahnter Fülle und Deutlichkeit wieder begrüsste.

In historischer Beziehung darf ich nicht unerwähnt lassen das Verhältniss der Untersuchungen Ewald's zu denen Fischer's und das dieser beiden Arbeiten zu den späteren. Zwischen den ersteren markirt sich der Umschwung, den die Einführung reducirender Zusätze bei der Goldbehandlung, nach welcher die Untersuchungen überhaupt erst extensiver werden konnten, hervorgebracht hatte. Findet man diesen Vortheil in der etwas früher erschienenen Arbeit von Fischer genutzt, dagegen in der von Ewald nicht, so erklärt sich dies aus dem Umstande, dass Ewald seine Untersuchungen um mehr als Jahresfrist vor ihrer Veröffentlichung in Pflüger's Archiv abgeschlossen hatte. Er hatte dieselben unter Vorlegung sämmtlicher druckfertig ausgeführten Abbildungen schon 1875 im naturhistorisch-medicinischen Verein zu Heidelberg vorgetragen[2]), zu einer Zeit also, wo die von Fischer benützte Löwit'sche Methode noch nicht bekannt war, wie er denn auch später von dieser keinen Gebrauch gemacht hat.

Was man zu jener Zeit von der Anwendung der Goldmethode verlangen konnte, haben diese Arbeiten geleistet und ich finde nicht, dass die ausführlicheren Darstellungen der nächsten Nachfolger Erhebliches hinzugefügt hätten. Die unter Flemming's Leitung entstandenen Untersuchungen E. Fischer's mit ihren zahlreichen, die Nervenenden mehrerer Thierklassen (Amphibien, Reptilien, Vögel, Säuger mit Einschluss des Menschen) umfassenden Abbildungen zeigen auf kleinem Raume solchen Reichthum, dass selbst die einen

1) E. Fischer, stud. rer. nat., Ueber die Endigung der Nerven im quergestreiften Muskel der Wirbelthiere. Arch. f. mikroskop. Anat. 1877. Bd. 13. S. 365—390 mit Taf. 25 u. 26.

2) Laut Protokoll der Sitzung vom 19. Nov. 1875.

halben Band füllenden Ausführungen Ranvier's[1]) nicht entfernt damit zu vergleichen sind. Es ist nur nothgedrungene Abwehr des Uebergehens in bescheidener Form erworbenen Verdienstes, dessen sich leider auch deutsche Autoren schuldig gemacht haben, wenn ich zu diesem Vergleiche auffordere, der dem Andenken des in früher Jugendblüthe verstorbenen E. Fischer die Palme reicht. Ebenso ungünstig fällt das Urtheil über den langen historischen Theil der Ranvier'schen Leçons aus, in welchem z. B. gegen Ewald alle die kritischen Erörterungen über die Goldwirkung vorgebracht werden, die gerade auf dessen Untersuchungen nicht passen, weil sie in Einwendungen bestehen, die sich auf die Löwit'sche und ähnliche Methoden, nicht aber auf die von Ewald benutzten beziehen.

Ich komme hiermit an den Punkt, der für die Fortführung der Untersuchungen der wichtigste war, nämlich an die schon damals von mir erkannte Incongruenz der goldgefärbten und der frischen Endgeweihe. Die ersteren waren in der Regel zu schmalästig ausgefallen, oder zeigten gelegentlich Deformationen durch Schrumpfung, selbst totale Abschnürungen. Um diesen Veränderungen zu entgehen, von denen wir wussten, dass sie an frischen Objecten besonders durch Säurewirkung entstehen, hatte Ewald das Ansäuern vor der Goldimprägnation und die Quellung der Muskelfaser nach vollendeter Reduction der Goldverbindungen vermieden oder durch Fixiren der frischen Muskelfasern mit Osmiumsäure oder Palladiumchlorid auszuschliessen versucht. Während nämlich die contractile Substanz in Säuren quillt, entwickeln sich am Nervengeweih jene Veränderungen, die man wegen der sie begleitenden Verschmälerungen und Abschnürungen der Aeste als das Gegentheil, als eine Schrumpfung bezeichnen muss, also ungefähr so wie man an den Kernen die Runzelung durch Essigsäure für das Gegenstück der Schwellung des eiweissreicheren Protoplasma erklärt. Ein Blick auf Ewald's Abbildungen zeigt die Muskelfasern durch die Goldimprägnation verschmälert und geschrumpft, die Endgeweihe dagegen immer noch um vieles dickästiger, als z. B. die späteren Abbildungen Ranvier's, in denen dagegen die Muskelfaser geschwollen

1) Leçons sur l'histologie du Système nerveux. 1878. T. II.

erscheint. Schon hieraus hätte Ranvier sehen können, dass seine Einwendungen gegen Ewald nicht am Platze waren. Noch merkwürdiger ist aber die Behandlung, welche derselbe Ewalds' Verfahren des Fixirens der Objecte vor der Gold- und Säurewirkung durch Osmiumsäure oder Palladiumchlorid zu Theil werden liess: er strich ihm nämlich die Osmiumsäure gänzlich, um sie nachher selber zum gleichen Zwecke zu empfehlen[1]) und bemängelte das Fixiren durch Palladium mit der Bemerkung, dass es gegen die Säurewirkung nicht schütze, ohne jedoch eigene Erfahrungen darüber anzuführen. Hätte er solche Erfahrungen gesucht, so wäre ihm nicht entgangen, dass die Palladiumsalze thierische Gewebe vor Quellung oder Schrumpfung durch Säuren ebenso gut schützen, wie die Salze der Edelmetalle es im Allgemeinen thun, so lange sie nicht reducirt worden sind, und dass das Gold in Geweben fixirt immer lange vor dem Palladium reducirt wird.

Um möglichst unveränderte Nervenendigungen in Goldfärbung zu gewinnen, hätte ich die Cohnheim'sche Methode mit den Ewald'schen Abänderungen verwenden können. Ich habe davon abgesehen, weil das Verfahren zu selten anschlägt, besonders das mit vorausgehender Fixirung durch Osmiumsäure. Der geringste Ueberschuss an Osmiumsäure oder die kleinste Verlängerung ihrer Wirkung, gleichviel wie man das Reagens hat zutreten lassen, sei es durch kurzes Bespülen von Muskelstreifchen oder durch interstitielle Injection nach Ranvier, genügt, um die Vergoldung, namentlich der Endgeweihe zu vereiteln, während jedoch die Muskelsubstanz und das Nervenende oft recht tief gefärbt, die Kerne sogar schwarz tingirt werden. Ich musste deshalb auch bei meinen Zwecken zunächst dem allgemeinen Strome folgen und zu den reducirenden Zusätzen greifen.

Soviel ich sehe, ist es H. Charlton Bastian[2]) gewesen, der die Goldfärbung in Geweben zuerst durch ein Reductionsmittel zu fördern gesucht und sich dazu der Ameisensäure bedient hat. Er legte Schnitte vom Gehirn eine Stunde lang im Dunkeln in Goldchlorid 1 : 2000 (1 Tropfen Salzsäure auf 2½ Unze enthaltend), wusch sie

1) a. a. O. T. II p. 300.

2) Monthly Microscopic Journ. 1869. S. 102.

schnell in noch verdünnterer Salzsäure und bewirkte darauf die Reduction bei gelinder Wärme in etwa einer halben Stunde mit einer Mischung von gleichen Theilen „spirits of wine“ und 10procentiger Ameisensäure. Ihm folgte Pritchard [1]) bei seinen Untersuchungen über die Gehörschnecke, zu denen er die Objecte erst 30 Minuten in $AuCl_3$ von $\frac{1}{5}$ % legte, mit Wasser wusch, und zwölf Stunden mit 1 Th. „ordinary“ Ameisensäure und 1 Th. „methylated spirit“ (Aethylalkohol von 0,83 spec. Gewicht mit 10 % ziemlich unreinem Methylalkohol denaturirt) behandelte. Bei 100 ° F. erfolgte die Reduction schon in zwei bis drei Stunden. 1873 änderte A. Boettcher [2]) das Verfahren zum Färben der Cornea dahin ab, dass er nach der Goldimprägnation eine Mischung von 1 Th. Ameisensäure, 1 Th. Amylalkohol und 100 Th. Wasser einwirken liess. Von Löwit [3]), der unter Flemming's Leitung in Prag arbeitete, wurden 1875 zwei Vorschriften zur Vergoldung der glatten Muskeln und deren Kernen gegeben; die eine, ohne Vorsäuerung, bestehend im Einlegen (der Harnblase des Frosches) in $AuCl_3$ von $1\frac{1}{2}$ % fünf bis acht Minuten, dann in Ameisensäure von 1,12 spec. Gewicht drei bis fünf Minuten, wieder in die Goldlösung fünf bis acht Minuten, Waschen und 24 stündiges Behandeln mit 1 Th. Ameisensäure und 3 Th. Wasser; die andere mit Vorsäuern mittelst „concentrirter“ Ameisensäure, während 10—15 Minuten beginnend, $AuCl_3$ $1\frac{1}{2}$ % 30—35 Minuten, Nachsäuern erst mit Ameisensäure 1:3 endlich mit starker Ameisensäure. Diesen Löwit'schen Methoden ist der grösste Fortschritt auf unserem Gebiete zu danken, da mit ihnen zuerst die Nervenenden in den quergestreiften Muskeln fast aller Wirbelthiere glückten. E. Fischer hatte dieselben, ebenfalls als Schüler Flemming's, direct von Löwit gelernt und zuerst zum Studium der Tastkörperchen [4]) benützt, später in der schon genannten (unter Kollmann's Leitung ausgeführten) Arbeit auf die gestreiften Muskeln übertragen.

Von den zahlreichen Abänderungen des Löwit'schen Ver-

1) Quarterly, Journ. of Mikroscopic. Sc. 1872. N. F. XII. S. 383.
2) Virchow's Archiv 1873. Bd. 58. S. 371.
3) Wiener Akad. Sitzungsberichte. 1875. Bd. 71. 3. Abth. S. 372.
4) Vergl.: Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 12. S. 366.

fahrens bezüglich der Concentration und Wirkungszeit der Reagentien ist nur zu sagen, dass dieselben bei jedem Wechsel des Objectes, der Thierart u. s. w. erst auszuprobiren sind, ebenso die Ersetzung des Goldchlorids durch dessen Kaliumdoppelsalz. Zu den Anhängern des Vorsäuerns mit dem so sehr empfohlenen Citronensafte nach Ranvier gehöre ich nicht, schon weil ich immer wieder von neuem erfahren habe (was man hätte vorher wissen können), dass dieses nach Zeit und Ort der Citronenernte wechselnde Mittel durchaus keine constanten Erfolge garantirt. Ich habe es in vielen Fällen sogar vortheilhaft gefunden, das Vorsäuern ganz zu unterlassen. Dasselbe ist nämlich zum Zerfasern der Muskeln ebenso überflüssig, wie für das Eindringen der Goldlösung in das Object und erzeugt bekanntlich von vornherein Deformationen der Endgeweihe, während es andererseits kaum geeignetere Flüssigkeiten als die Goldlösungen gibt, um Muskeln ohne hindernde Veränderung des Bindegewebes bis zu dem Grade zu erhärten, dass sie sich leicht in feinste Bündel und Fasern zerlegen lassen. Man muss nur statt der gewöhnlichen Instrumente solche aus Platiniridium oder Glasnadeln benützen. Während des Zerfaserns der natürlich auf Nervenreichthum zuvor schon angesehenen, möglichst kurzen Muskelstreifchen entdeckt man die Nervenzutritte an der Art des Haftens der Muskelfasern an einander und man thut dann gut die Zerlegung an den widerstehenden Stellen möglichst weit zu treiben, da sich die letzte Isolation der Fasern nach der Reduction und nach der damit verbundenen Erweichung des Objectes schlecht nachholen lässt, eine Vorschrift, welche übrigens auch für vorgesäuerte Objecte gilt. Hat man dies versäumt, so bleibt später bei dem Versuche die fertig gefärbten Muskelfasern zu isoliren, ein kleines nicht weiter zu zerfaserndes gelatinöses Klümpchen zurück, das fast alle Nervenenden enthält und nur für gewisse Beobachtungen brauchbar wird, wenn man es zerdrückt.

Die zur Herstellung der in dieser Abhandlung besprochenen Objecte verwendeten Vergoldungsvorschriften waren folgende: I. Die Löwit'sche, unter Umständen mit Nachbehandlung mit stärkster Ameisensäure; II. Vorsäuern mit Ameisensäure von $^1/_2$ %, Goldchlorid von 1 %, Nachbehandlung mit einer Mischung von Glycerin

und Wasser zu gleichen Theilen, welcher $^1/_4$—$^1/_5$ Vol. Ameisensäure zugesetzt worden, im Dunkeln; III. wie II., aber ohne Vorsäuern; IV. die Golgi'sche Methode[1]): Vorsäuern mit Arsensäure von $^1/_2$ %, Goldchloridchlorkalium $^1/_2$ %, dann Arsensäure 1 %, und Reduction darin durch Sonnenlicht; V. eine Abänderung von IV, bestehend im Einlegen der Muskelstreifchen in eine Mischung von Arsensäure $^1/_2$ %, Goldchloridchlorkalium $^1/_4$ % und von Osmiumsäure 0,1 %, Nachbehandlung mit Arsensäure 1 % und Reduction durch Sonnenlicht.

Methode I wurde besonders bei ganzen, unzerfaserten dünnen Muskeln, II bei den Muskeln der Warmblüter, III bei den Kaltblütern, IV bei allen Objecten, V bei den Reptilien am brauchbarsten gefunden und am meisten verwendet. Als die sicherste Methode muss ich die von Golgi bezeichnen, obgleich dieselbe der ursprünglichen von Cohnheim am nächsten steht, insofern die Arsensäure nicht als ein reducirender Zusatz, deren sich die Löwit'sche und die derselben ähnlichen Methoden bedienen, zu erachten ist.

Für die Herrichtung der Präparate empfiehlt es sich, in der Weise vorzugehen, dass man 1. die feinere Zerfaserung nur vornimmt, nachdem die Muskelstückchen bis zum günstigsten Grade erhärtet sind, also immer in der Goldlösung, und wenn vorgesäuert wird, niemals an den auch nur theilweise gequollenen noch in der Säure befindlichen Stückchen; 2. indem man die einzelnen 1—2^{mm} breiten Muskelstreifchen, von welchen möglichst viele (10—20) auf einmal in 2—5^{ccm} der Flüssigkeiten in Arbeit zu nehmen sind, nicht gleich lange der Wirkung aussetzt. In der Säure lässt man also einige Stücke nur so lange, dass sie trübe werden, andere bis zur beginnenden, den Rest bis zur vollendeten Quellung und Durchsichtigkeit; während man in der Goldlösung die ersten Stückchen nach dem Zerfasern etwa zwei bis drei Minuten, die übrigen der Reihe nach 4—30 Minuten liegen lässt. Aehnlich wird bei der Reduction verfahren, indem man einzelne Häufchen der Fasern vom ersten Anfange der Färbung an, etwa Stunde für Stunde aus den sauren Flüssigkeiten herausnimmt und in ungesäuertes verdünntes

1) C. Golgi. S. Nervi d. Tendini. Mem. d. R. Accad. d. Sc. d. Torino. Ser. II. Tom. XXXII.

Glycerin überträgt. Bei der Golgi'schen Methode werden die einzelnen Portionen nach dem Eintritte der Färbung in neue Arsensäure und in dieser ins Dunkle gebracht. Das Befolgen dieser Regeln, die nur den Zweck haben, die verschiedensten Grade der Wirkung an je einem in Arbeit genommenen Quantum von Muskelfasern zu erlangen, schützt am besten vor Misserfolgen. Wer mit der Golgi'schen Methode arbeitet, wird bemerken, dass die Fasergruppen bei der Exposition an die Sonne gewöhnlich in der Tiefe zuerst dunkel werden und dass die Häufchen von hier aus nach dem Rande hin die schönsten Uebergänge von überfärbten bis zu ungefärbten Endgeweihen darbieten.

Da wir eine Theorie der Muskel- und Nervenvergoldung noch nicht besitzen und zur Erzielung der gewünschten Färbungen nur empirisch gewonnene Vorschriften und Handgriffe kennen, denen das Wort Methode zu viel Ehre erweist, habe ich den mitzutheilenden Resultaten nur wenig voranzuschicken. Fast alle Behandlungen kommen darauf hinaus, die Objecte möglichst intensiv durch fein vertheiltes Gold oder durch Goldverbindungen (wahrscheinlich Oxydulverbindungen), welche durch Reduction entstehen, zu färben, ja zu überfärben. Wie das metallische Gold in dünnen Schichten jene von Faraday untersuchte Farbenscala aufweist, so wechseln auch die Nuancen der goldgefärbten histologischen Objecte nur in noch reicherem Maasse vom reinsten und tiefsten Schwarz durch alle Stufen des Braun, Roth, Blau und Violett; manche im durchfallenden Lichte braun, grün oder blau gefärbt aussehende Muskelfasern erscheinen im auffallenden Sonnenlichte namentlich goldgelb spiegelnd und metallisch glänzend. Nur bei der Golgi'schen Methode gelang es mir sicher durch abgekürzte Einwirkung der Goldsalze oder durch starkes Verdünnen der Lösungen von vornherein sehr schwach gefärbte Muskelfasern zu erzielen, deren Nervengeweih dunkel geworden war, besonders nach der unter V erwähnten Abänderung. Die anderen Methoden scheinen dagegen erst Ueberfärbung und darauf Entfärbung erzeugen zu müssen, bis das Nervengeweih sich in stärkerer Färbung von der blasseren Muskelsubstanz mit erwünschter Deutlichkeit abhebt. Ein Zeichen für diesen Vorgang der Entfärbung dürfte die starke Röthung der Flüssigkeit sein, in welcher sich die gewünschte Beschaffen-

heit des Präparats vollzogen hat. Ausserdem gibt es innere Wanderungen des farbigen in den Objecten und Concurrenzen zwischen den verschiedenen das Gold aufnehmenden oder reducirenden Bestandtheilen der Gewebe. Unter den letzteren zeichnet sich z. B. das Nervenmark vor dem Axencylinder aus, das in der Regel sehr dunkel ist und doch einen fast ungefärbten Axencylinder umschliesst, während dieser zum Geweih ausgebreitet, wo er nur mit der Sohlengranulose oder mit der Muskelsubstanz um das Gold concurrirte, intensivste Färbung erreichen kann. Eine ähnliche Concurrenz scheint zwischen der Axensubstanz der Geweihäste (dem „Axialbaume") und dem dieselbe umgebenden Stroma, das sich gewöhnlich schwach oder gar nicht färbt, zu bestehen und umgekehrt kann das Nervenmark, indem es blass lila wird, seine Färbung zu Gunsten des Axencylinders hergeben. Derartige Farbenumwälzungen sind oft an Präparaten, die man von Zeit zu Zeit wieder besieht, direct zu verfolgen und die bekannteste darunter dürfte die sein, bei welcher die Muskelfasern bis zum hellen Rosa erblassen, während sich das Gold in kleinen regellos zerstreuten schwarzen Körnchen, wahrscheinlich metallisch, ausscheidet oder zusammenballt. Am wenigsten von allen in den Muskelpräparaten interessirenden Theilen haben die Kerne Neigung zur Goldfärbung, namentlich die der Sohlengranulose, die gewöhnlich ganz ungefärbt sind; es haben mir aber doch viele Präparate vorgelegen, in denen die Muskelkerne und die der Nervenscheiden oder des Telolemms mit einem schwarzen florartigen Belege überzogen oder bis tief in ihre Substanz gleichmässig undurchsichtig schwarz gefärbt waren, während z. B. die Endknospen dieselbe rothe Färbung wie das Nervengeweih angenommen hatten. Alle diese Erscheinungen, wie wenig man sie auch nach Willkür hervorrufen oder erklären kann, verdienen als differenzirende Reactionen Beachtung.

Besondere Erörterung verdient das Verhalten des Nervengeweihs gegen die bei der Vergoldung unvermeidlichen Säuren. In lebensfrischen Muskelfasern wird das Geweih bekanntlich durch jede Spur einer Säure oder sauer reagirender Salze sofort schärfer contourirt und scheinen die plattenförmigen Geweihe nach etwas stärkerer Einwirkung unter Tropfen- und Schlierenbildung zu zer-

fallen, ja zu verschwinden. Dass dieser Zerfall nur ein scheinbarer, das Schwinden jedenfalls kein totales ist, haben die seit Fischer's Untersuchungen bekannten Goldbilder, bei deren Herstellung jedesmal mit starker Säurewirkung begonnen wurde, gelehrt, da es undenkbar ist, dass die goldgefärbten Geweihe nur an Stelle eines aufgelösten Gebildes etwa als Niederschlag in Hohlräumen ohne alle Structur erst entstehen. Die Säuren müssen also irgend etwas unangegriffen zurücklassen, das die Form des Geweihs bewahrt oder wiederholt, vielleicht in verkleinertem Maasse, namentlich verschmälert, wie ein Skelet und unzweifelhaft sind es solche Skelete, nämlich die Axialbäume, was bis jetzt vorwiegend an Stelle des ganzen Geweihs auf Grundlage der Goldpräparate beschrieben und abgebildet worden ist; ich bin aber doch von der anfänglich gewonnenen Ansicht, dass das noch zu erörternde „Stroma" der Geweihäste und -Lappen durch die Säuren ganz gelöst werde, zurückgekommen, seit ich dasselbe auch in vorgesäuerten Goldpräparaten aufgefunden und seit ich erkannt habe, dass die in Schrumpfungen und Abschnürungen bestehenden Deformationen ebensowohl nach dem Eintritte der Goldfärbung durch Säuren erzeugt werden, wie vor aller Goldwirkung, wenn nur die Reduction erst beendet und die Säuremenge gross genug ist. Im letztern Falle ist keine Imprägnation oder Fixirung der durch Säuren quellenden Substanzen des Muskels und kein Schutz der dadurch schrumpfenden Bestandtheile der Kerne und des Geweihes durch das Salz des Edelmetalls mehr vorhanden, da dasselbe eben reducirt, ausgeschieden oder in andere Verbindungen übergegangen ist und die Objecte verändern sich deshalb in diesem Stadium kaum anders, wie frische, indem sie, wie bekannt, auch weicher und durchsichtiger werden. Nur die Fixirung mit Osmiumsäure scheint diesen nachträglichen Veränderungen vorzubeugen, ich möchte aber doch glauben, dass dasjenige, was in den damit behandelten Geweben schliesslich die Goldfärbung annimmt, auch nicht mehr ganz vor den Säurewirkungen geschützt war und überhaupt nur auf das Gold reagirte, nachdem das Osmium selber reducirt worden. Trotz allem bleibt es aber ein grosser Vortheil, dass man Goldpräparate ohne vorzusäuern herstellen kann, denn die Nervenendigungen sind in diesen Präparaten ungleich weniger

alterirt als in den bisher beschriebenen und vorzugsweise bekannten, besonders wenn man noch dafür gesorgt hat, die nachträgliche Säurewirkung zeitig zu unterbrechen.

Das letztere berührt die Frage der Nachbehandlung und Conservirung der Präparate. Gewöhnlich hat man sich hierzu des mit gleichem Volum Wasser verdünnten Glycerins bedient, unter Beibehaltung oder Zusatz einer nicht unbedeutenden Menge Ameisensäure. Für die Erhaltung der feineren Details kann ich dies nicht empfehlen, obgleich ich weiss, dass sich die starksauren Präparate länger und schöner in der Färbung erhalten; und obgleich ich auch die Vortheile kenne, welche die Entwicklung der Reduction in Gegenwart des Glycerins durch die Ameisensäure gewährt, halte ich eine längere Glycerindurchtränkung, die ja überhaupt an Präparaten des Nervensystems lieber vermieden wird, auch an den Goldpräparaten für ungünstig, denn sie verschleiert und verwischt allmählich manches, das vorher in erfreulichster Weise differenzirt erschien. Bei der Golgi'schen Methode besonders ist die gänzliche Vermeidung des Glycerins ein entschiedener Vorzug und wenn man auch die Mehrzahl der Präparate schliesslich in Glycerin aufbewahren wird, so kann ich doch nur rathen, jene lehrreichsten aller Goldbilder, welche man zuvor erzielt, frühzeitig zu untersuchen, gerade nachdem die Färbung vollendet ist und sie während der Beobachtung in der verdünnten Arsensäure ohne Glycerinzusatz zu lassen.

Unzerfaserte, mit der gesammten Nervatur vergoldete Muskeln eignen sich zur Aufbewahrung nach Entwässerung mit absolutem Alkohol in Balsam, wie ich an einigen seit fünf Jahren vortrefflich conservirten Intercostalmuskeln vom Chamäleon sehe.

Grosse Verschiedenheiten ergeben sich bei der Vergoldung der Nervenendigung in den Muskeln verschiedener Thiere, derart, dass man fast eine Reihe aufstellen könnte, welche die Sicherheit des Erfolges bezeichnete. Dieselbe würde mit den Reptilien, bei denen man am leichtesten zum Ziele kommt, beginnen und mit den Knochenfischen oder mit den Wirbellosen enden. Nach meiner Erfahrung lautet die Reihe seltsam genug, nämlich: Eidechsen, Schlangen, Kaninchen, Katze, Maus, Ratte, Hund, Frosch, Meerschweinchen, Igel, Schild-

kröten, Salamander, Tritonen, Proteus, Kröte, Unke, Vögel. Welche Gründe die zum Theil sehr grossen Differenzen in dieser unerwarteten Reihenfolge haben, bleibt einstweilen dunkel. Bei rothen und weissen Muskeln derselben Species pflegt die Vergoldung der Nervenendigung gleich gut zu gelingen, dagegen bildet starke Erfüllung der Muskelfasern mit Fett ein Hinderniss, noch mehr vielleicht die Anwesenheit von Fettzellen zwischen den Muskelfasern.

Die Untersuchung der Goldpräparate ist bekanntlich mit allen Vergrösserungen vorzunehmen, auch mit den stärksten, wobei man die Vortheile der Homogen-Immersionen besonders ausnutzen kann, namentlich für sehr dunkel gefärbte Objecte, welchen die Lichtstärke jener Systeme ungemein zu statten kommt. Wo Unterscheidungen vorwiegend durch Farbendifferenzen gewonnen werden, ist sogar die Koch'sche Beobachtungsweise im Lichtmeere des Abbeschen Condensors ohne Blendung mit Vortheilen verbunden.

I.

Bau des motorischen Geweihs.

Es scheint mir zweckmässig, die Mittheilung dieser Untersuchungen über motorische Nervenendigung mit der Beschreibung des am leichtesten erreichbaren Objectes zu beginnen, das seit lange von allen Betheiligten vorwiegend verwendet worden und mit Recht für das günstigste und lehrreichste gilt: mit der Nervenendigung in den Muskeln einiger Reptilien, besonders der Eidechsen. Hier herrscht zugleich die grösste Mannigfaltigkeit der Geweihformen, von den langgestreckten, fast stangenförmigen, denen der Amphibien gleichenden und wie diese keinen Nervenhügel vortreibenden, mit schwachentwickelter Sohle[1]), bis zu den in Hügeln oder Buckeln zusammengedrängten höchst labyrinthischen, mit breiten blatt- und schaufelförmigem Geäste auf weit überstehender Granulosa, also mit

---

1) Ich darf gegen Bremer (Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 21 S. 184), der mir das Vorkommen der, von mir nämlich gefundenen, einfachen Formen bei den Reptilien als etwas lange bekanntes entgegenhält, bemerken, dass er dieses Factum und die Erörterung, welche er daran knüpft, ausschliesslich mir entnommen hat, das Factum meiner Abhandlung in Virchow's Archiv Bd. 29 S. 433 Taf. XIV Fig. 4 u. 8, die Erörterung meinen Worten in Stricker's „Handbuch der Lehre von den Geweben“ S. 165.

allem, was nöthig ist,' zur Gewinnung auch der verschiedenartigsten Goldbilder.

Auf diese Mannigfaltigkeit ist Werth zu legen, weil sie uns zugleich über das Fehlen jeglicher Constanz der Breite und Dicke der Geweihäste, was die Frage nach der Treue der Goldbilder bezüglich der natürlichen Grössenverhältnisse berührt, belehrt. Fast alle seit Einführung der Goldmethode veröffentlichten Abbildungen der Endgeweihe zeigen die auch im frischen Zustande schmäleren Formen des Geästes, so z. B. die in den Leçons von Ranvier aus dem Jahre 1878 und erst in dessen Traité technique von 1882 taucht (S. 825 Fig. 275) die Abbildung eines Geweihs mit breiter blattartiger Ausbreitung auf. Ich darf vermuthen, dass man anfänglich mit Vorliebe die schmalästigen Formen ausgesucht hat, weil sie in der Regel die einfachsten und übersichtlichsten sind, und dass man die anderen in der Meinung, missglückte oder durch regellose Goldniederschläge verdorbene Goldbilder erhalten zu haben, unterdrückte. Bei Ranvier hat auch die Tendenz mitgewirkt, statt der von mir entdeckten labyrinthischen Endplatten etwas den sehr einfachen von Krause für die Säuger beschriebenen gestreckten Terminalfasern mehr entsprechendes vorzuführen.

Welche Form und Grösse das goldgefärbte Geweih in den vorhandenen Abbildungen übrigens aufweisen mag, so ist es doch unter allen Umständen nur eine Reduction der natürlichen Figur, in den meisten Fällen sogar nichts als ein Skelet derselben, auch für den Fall, dass das dem Goldbilde zu Grunde liegende Geäste ursprünglich schon zu den magersten gezählt hätte.

Am Innervationsorte der Muskelfaser werden bekanntlich folgende Bestandtheile unterschieden: 1. das Telolemm mit seinen kleinen trüben Kernen, 2. das Geweih, 3. die Sohle, bestehend aus der Granulosa und grossen durchsichtigen Kernen. Das Goldbild zeigt sehr häufig nur das Geweih in dunkler Färbung differenzirt, wie direct auf der schwächer oder in irgend einer anderen Nuance gefärbten Muskelsubstanz aufliegend. Von der Sohle erkennt man dann wenig oder nichts, ebensowenig von den Kernen. Nach unserer Methode V (der modifirten Golgi'schen) kann röthliche Färbung der Muskelsubstanz auch ganz fehlen, die dann vielmehr nur stroh-

gelb erscheint, was den Vortheil gewährt, dass man die Sohlenkerne sehr deutlich, obschon auch nur gelb tingirt unter und neben dem gewöhnlich sehr dunklen Geweih erkennt. Auch in diesem Falle ist von der Granulosa nichts zu erkennen. Nach Methode III wird in der Regel die Granulosa mitgefärbt, heller als das Geweih, aber dunkler als die Muskelsubstanz, der sie wie ein rötherer Kuchen aufliegt. Die Kerne sind in dieser dunklen Masse nur zum Theil zu erkennen als helle Flecken, kommen aber, wie die Rosinen im Kuchenteig sämmtlich zu Tage, wenn man das Object quetscht oder mit dem Deckglase auswalzt. Ohne Zweifel sind in der Deutung der Goldbilder die gefährlichsten Irrthümer dadurch entstanden, dass man die genannten Inhaltsbestandtheile des Nervenhügels nicht genügend unterschieden hat, indem man sich vor allem die Möglichkeit nicht klar gemacht hat, dass die dem Geweih wie ein Teig anklebende Granulosa diesem zugehörig erscheinen muss, wenn sie durch die Färbung nicht genügend davon unterschieden ist. Sind die Präparate auch noch darin fehlerhaft, dass sie z. B. zerbröckelte oder abgeschnürte Stücke des Geweihs enthalten, und dass die Sohle zu einzelnen rothen Klumpen zusammengeballt ist, so gehört schon einige Vertrautheit mit den Kennzeichen der Herkunft dieser Trümmer dazu, um zu wissen, was man vor sich habe und um nur einigermaassen die wirkliche Nervenendigung aus dem Trümmerfelde zu reconstruiren.

Fast keinem Beobachter ist es entgangen, wie häufig das Geweih durch lichte Zwischenräume, Säume oder Höfe von der Sohlengranulosa getrennt erscheint und wenn man die diese Säume darstellenden Abbildungen Fischer's, Ranvier's, Bremer's u. A. durchgeht, muss man sich wundern, wie wenig Aufmerksamkeit diesem Umstande bisher geschenkt worden ist. Gewiss kann man durch Druck Lücken in der Sohle erzeugen, aber diese werden in der Regel durch einen Kern ausgefüllt und verdanken demselben mit ihre Entstehung; es mögen sich aber auch kernlose Lücken zu stande bringen lassen und selbst solche, die durch Dehiscenz des Sohlenteiges von dem Geweih entstehen. Dass aber auf solche Weise die geschlängelte und vollkommene helle Umsäumung des verwickelten Geästes der Geweihe entstehe, war sehr unwahrscheinlich und man hätte

darüber nur folgende Annahmen machen können. Entweder zöge sich das Geweih, durch die Goldbehandlung schrumpfend, von der Granulosa zurück, oder, wenn nicht beide schrumpfen, diese von jenem: dann müsste man im ersteren Falle schon zugeben, dass das vergoldete Geweih eine Reduction des ursprünglichen darstelle, und dass dessen natürliche und wirklichen Grenzen durch den äusseren Rand des lichten Saumes bezeichnet würden; oder der Saum wäre etwas substantielles, keine Lücke und kein Hof, sondern eine vom Golde nicht gefärbte Rinde oder Hülle des Geweihs und der gefärbte Antheil des letzteren also ein besonderer axialer Bestandtheil, also nur ein Skelet. Die letztere Annahme trifft das richtige.

Nach meiner Ueberzeugung wäre man schon lange zu diesem Verständnisse der Goldbilder gelangt und hätte damit das wirkliche Verhältniss derselben zu meinen ersten Beschreibungen der frischen Endplatten gefunden, wenn jene hellen Säume unter allen Umständen zu sehen oder immer nach aussen gleich deutlich begrenzt wären. Aus vielen Gründen ist darauf indess nicht jedesmal zu rechnen. Zunächst gehört dazu die Färbung der Sohle, denn wo man diese nicht als etwas besonderes erblickt, fehlt es dem hellen Saume an der erforderlichen Umrahmung. Kann man nach den eingreifenden Behandlungen der Goldmethoden sogar die Sohle bei fehlender Färbung nicht einmal an ihren Kernen und Körnchen auf der Muskelsubstanz erkennen, so darf man auch nicht erwarten, das homogene Stroma des Geweihs, welches das Substrat der hellen Säume ist, zu erkennen. Ist aber die Sohle dunkel oder sehr intensiv gefärbt, so kann sie auch zum Hinderniss der Erkennung jenes Stroma werden, das zuweilen ebensowohl auf wie neben der Sohlengranulosa liegt. Ferner bleibt das Stroma nicht immer frei von Goldfärbung und vermag sogar die tiefsten Tinten anzunehmen, welche an der Muskelsubstanz vorkommen, worauf es wieder misslich um seine Erkennbarkeit steht. Endlich können sich diffuse und klumpige Goldniederschläge im Geweih bilden, so dass in diesem überhaupt keine Trennung von Axialbaum und Stroma erfolgt oder angedeutet wird.

Wie man sieht, gibt es also höchst beachtenswerthe Unterschiede in dem Ausfalle der Goldfärbungen und hatten wir schon

bei der Erörterung der Methoden Gründe auf diese Verschiedenheit hinzudeuten. Ihre Bedeutung wird aus dem folgenden hervorgehen.

Die Zusammensetzung der Endgeweihe aus Axialbaum und Stroma erkennt man am besten an Profilbildern, wie sie der Zufall vor Augen führt. Die reicher verästelten Geweihe senden nicht gerade selten Aeste ab, welche fast rechtwinklig vom Hauptaste abbiegen und mehr oder minder circulär dem Umfange der Muskelfaser folgen. Solche Aeste erscheinen am Rande der Faser fast wie unter dem Sarkolemm liegende Kerne von kugel- oder bohnenförmiger Gestalt, die man jedoch durch das Spiel der Mikrometerschraube sogleich als optische Querschnitte von Geweihästen erkennt (vergl. Taf. B Fig. 25 und 26). Am besten sind dieselben mit dem Durchschnitte einer grosskernigen Frucht zu vergleichen, bei gefärbtem Stroma mit schön rothem durchsichtigen Fleisch, das einen dunkler rothen Kern birgt. Der anscheinende Kern ist der optische Querschnitt des Axialbaumes, im Durchmesser und in der Form sehr wechselnd, bald excentrisch bald mehr central liegend. Wo das Stroma stark geröthet ist, wird dieses Profilbild um so eigenthümlicher, als der dem Fruchtfleische verglichene Antheil beim Einstellen auf den weiteren Verlauf des Geweihastes scheinbar verschwindet, d. h. nicht mehr von der kaum stärker gerötheten Muskelsubstanz zu unterscheiden ist, so dass also nur der Kern der Frucht in Gestalt des weiterverlaufenden Axialbaumes unter der Sarkolemmfläche zu verfolgen bleibt. Es ist dies die sehr begreifliche Folge der geringen optischen Differenzen zwischen dem Stroma und der Muskelsubstanz, welche eben nur am Rande der Faser, wo man ein kurzes Stück des Geweihastes ohne die optisch wirksame Unterlage von Muskelsubstanz zu sehen bekommt, genügen, um die nur neben- nicht übereinander liegenden Gebilde unterscheiden zu lassen. Ausserdem sind diese Profilbilder lehrreich, weil sie das Stroma erkennen lassen ganz ohne die demselben sonst zu Statten kommende Umrahmung durch dunklere Sohlensubstanz, denn nicht allein sind dieselben an Objecten zu finden, an denen die Färbung der Sohle ganz ausgeblieben ist, sondern auch an Stellen, wo das Geweih dieser granulirten und an andern Stellen

gefärbten Unterlage wirklich entbehrt. Wie der optische Querschnitt des Geweihastes nach oben, wo das Stroma das Telolemm berührt, scharf begrenzt ist, so ist er es auch nach unten und lässt uns nicht im Zweifel darüber, wo das Stroma in der Tiefe aufhört und die Muskelsubstanz anfängt Ist endlich die Granulosa dunkler gefärbt, so grenzt sich das Stroma von dieser noch schärfer ab und zuweilen fast in seinem ganzen Umfange mit Ausnahme des dem Telolemm zugewendeten Antheiles, da die Sohlensubstanz in den Lücken zwischen den Geweihästen bis an das Sarkolemm emporsteigt. Diese letztere theilweise Umwallung der Geweihäste ist besonders gut zu erkennen in Präparaten, welche schwarze körnige Goldeinlagerungen in der Sohlengranulose aufweisen, Verhältnisse, auf die ich bei der Beschreibung von Querschnitten noch zurückkommen werde.

Durch das Studium dieser Profilbilder zuerst zur Erkenntniss der wahren Beschaffenheit vergoldeter Nervengeweihe gelangt, habe ich es nicht schwer gefunden, die Zusammensetzung derselben aus Stroma und Axialbaum noch auf manche andere Art nachzuweisen. Wenn die Granulosa das Geweih zum Theil umwallt, so sieht man ein, dass auch dies eine Schwierigkeit zur Erkennung des Stroma erzeugt und darf man sich noch mehr über den Umstand beruhigen, dass Präparate mit stark gefärbter Granulosa die hellen Säume oft nicht oder sehr schmal und unregelmässig zeigen. Vollkommen und allen Anforderungen entsprechend ist aber der Beweis für unsere Beschreibung der goldgefärbten Geweihe zu führen dadurch, dass man dieselben isoliren und von allen übrigen Bestandtheilen des Inhaltes der Nervenhügel, ebenso von der Muskelsubstanz oder von irgendwelchen anklebenden gefärbten Materien befreien kann, die zu Täuschungen über die Natur der lichten Säume Anlass geben könnten (vergl. Taf. A Fig. 2).

In stark ameisensaurem Glycerin liegende Goldpräparate der Muskeln werden bekanntlich mit der Zeit ausserordentlich weich, so weich, dass es kaum gelingt, eine Faser mit der Nadel unzerstört herauszuheben und dass der Druck des Deckglases den Sarkolemminhalt in strömende Bewegung versetzt, ja häufig ganz heraustreibt. Was an den Enden der Schläuche ausfliesst, stellt entweder

kleine Bruchstücke der Muskelsubstanz mit mehreren Etagen der Muskelelemente, oder einzelne Bowman'sche Discs dar, die wirklich nur aus einer einzigen Etage von Fleischprismen bestehen. Beide Zerfallsproducte sind ungemein geeignet zum Studium des feineren Baues der Muskelstructur, insbesondere der Durchwirkung der Rhabdia durch die vom Golde stärker gefärbte Sarkoglia und kein künstlich hergestellter Muskelquerschnitt kann mit dem Querschnittsbilde wetteifern, das diese isolirten Discs mit der Mosaik ihrer roth umrahmten Feldchen darbieten. Unter diesen in grösster Menge zufällig erhaltenen vollendeten Querschnitten solche mit der Nervenendigung zu suchen, würde vergeblich sein, denn sie sind frei vom Sarkolemm, und nur in diesem bleibt der Inhalt des Nervenhügels sammt der Sohle, deren ziemlich festes Haften am Geweih, das ich schon vor vielen Jahren und öfter hervorgehoben habe, durch dieses Verhalten von neuem belegt wird, zurück.

Dagegen ist es recht wohl möglich durch stärkeren Druck oder Schieben am Deckglase viel von der Sohle im Lumen des faltigen Sarkolemmschlauches auseinanderzutreiben, so dass sich schon Theile des Geweihs isolirt zeigen. Besser gelangt man zum Ziele, indem man das Object nach dem ersten Quetschen vom Deckglase befreit, wieder verdünntes saures Glycerin zusetzt, umrührt und das Pressen wiederholt, worauf manche Geweihe ganz frei in der Flüssigkeit umhertreibend gefunden werden, offenbar durch Reissen des Telolemms von ihrem natürlichen Platze entfernt. Freilich sind es meist nur Bruchstücke der Geweihe, gewöhnlich aber ohne weiteres kenntlich an der noch vorhandenen markhaltigen Wurzel eines Stückchens des epilemmalen Nerven, wie ich ein solches Taf. A Fig. 2 abgebildet habe, und in manchen Fällen von solcher Klarheit des geschilderten Baues, dass Niemand über denselben in Zweifel bleiben kann. In vielen Fällen missglückt dieser Versuch jedoch, theils weil die Sohle dem schon zerrissenen Geweih noch hartnäckig anhaftet oder weil man Stücke isolirt, deren Gefüge selber unter dem Drucke gelitten hat. Grosse Weichheit der Muskel- und Sohlensubstanz bei erhaltener relativer Zähigkeit des Geweihs scheint die Bedingung für die Isolation brauchbarer, freier Geweihe zu sein, denn wenn diese selber deformirt sind und wie hellröthliche Lappen oder buchtige Würste

von zerrissener und zu halbmondförmigen Klumpen verschlierter Axialsubstanz, deren Reste sich gern an die innere Oberfläche der Stromaklumpen legen, erfüllt aussehen, ist über ihre Structur nicht viel mehr zu erfahren.

Das Stroma ist, wenigstens wenn es Goldfärbung angenommen hat, nicht völlig homogen, sondern zeigt schwache körnige Einlagerungen, am Rande mehr als central in der Nähe des Axialbaumes. Ob diese periphere Sprenkelung nicht äusserlich sei, also anhaftenden Körnchen der Granulosa entspreche, vermag ich nicht zu entscheiden. Ein dichter kurzhaariger Besatz, den man streckenweise am Rande der Geweihe auch in Goldbildern auftauchen sieht (Taf. A Fig. 3 u. 9), dürfte auf nichts anderes zu beziehen sein, als auf den darüberliegenden Borstensaum des Telolemms, bezüglich dessen ich auf meine Abhandlung im XIX. Bd. S. 501 dieser Zeitschrift verweise.

Der Axialbaum.

Im Innern des Stroma befindet sich der tiefer gefärbte Antheil der Nervenendigung, welcher fälschlich bisher für das ganze Geweih gehalten worden ist: der Axialbaum. Derselbe ist schon so oft beschrieben und abgebildet worden, dass ich mich an dieser Stelle, wo ich die Geweihformen nicht systematisch, wie es später geschehen wird, behandeln will, hauptsächlich auf dessen Verhältniss zum Stroma beschränken kann. Schmalästige Geweihe haben im allgemeinen dünnere, breite und gelappte, plattenartige Geweihe auch breitere und dickere Axialbäume, ebenso die einzelnen Theile eines und desselben Geweihs, wenn dieselben unter einander verschieden sind. Indess besteht durchaus kein Parallelismus des äusseren Stromacontours mit dem inneren des Axialbaums und liegt der letztere auch nur im allgemeinen axial. Die Abbildungen auf Taf. A, B und H Fig. 112 u. 123 werden dieses Verhältniss besser vor Augen führen, als es die Beschreibung vermöchte.

Immer entspringt der Axialbaum unmittelbar aus dem zutretenden epilemmalen Nerven, nämlich da, wo dessen Markscheide plötzlich absetzt und in manchen Fällen ist die hier entstehende Wurzel des Geweihs ausserordentlich schmal und scheinbar auf den Axialbaum ohne nachweisbares Stroma beschränkt, also durch einen

rindenlosen tief gefärbten feinen Faden gebildet (Taf. A Fig. 1). In andern Fällen kann man dagegen das Stroma bis in die Geweihwurzel verfolgen (Taf. B 12 u. a.); dort scheint es aber immer eine stärkere Einschnürung zu erfahren.

Wie der Axialbaum nicht einfach einen verkleinerten Ausguss des Stroma darstellt, so kann auch aus seinen Verzweigungen keineswegs genau auf die des ganzen Geweihs geschlossen werden. Das kolben- oder blattförmige Ende eines Geweihastes kann zwei bis drei kleinere Kolben oder fingerförmige Enden des Axialbaumes enthalten und ein glatter Ast kann ein inneres Gestänge, welches Auswüchse der verschiedensten Form und Grösse gegen die Wand des Astes zuweilen bis zur Berührung der sichtbaren Grenze sendet, enthalten (Fig. 4). Ausserdem kommen in einfachen Geweihästen mehrere des Axialbaumes vor, indem sich dieser streckenweise spaltet, in der Regel übrigens so, dass die Aeste bald wieder zu einem zusammentreten (Fig. 7). Ich will dies als innere Anastomosen bezeichnen und habe auf dieselben aufmerksam zu machen, da sie besonders in den plattenförmigen Geweihen so häufig sind, dass selbst Diejenigen, welche die Anastomosen gänzlich leugneten, gerade diese Formen, die auf Täuschungen durch Ueberschneiden ganzer Geweihäste am wenigsten zurückzuführen sind, abgebildet haben.

Der Axialbaum zeigt im Goldbilde gewöhnlich eine klumpige, etwas körnige Beschaffenheit, sehr selten Andeutungen einer fibrillären Structur; in Objecten, die nach der Golgi'schen Methode hergestellt worden, an manchen Stellen undeutlich netzförmigen Bau, wie in Fig. 3 u. 4 Taf. A.

Axialbaum und Stroma in der Thierreihe.

Fast mit derselben Leichtigkeit wie bei den gemeinen Eidechsen (Lacerta agilis, L. viridis, L. muralis), die ich bisher nur im Auge hatte, ist die Zusammensetzung des motorischen Geweihes auch bei der Blindschleiche, beim Chamäleon und bei den Schlangen (Tropidonotus, Coronella) zu demonstriren, namentlich an deren breitästigen Geweihen. Bei den Schlangen und bei der Blindschleiche scheint nur das Stroma breiter, zugleich aber, in der Richtung des Radius

der Muskelfaser genommen im Verhältniss zum Axialbaum dünner zu sein. Da die Sohle hier häufig keinen zusammenhängenden Körper oder Kuchen bildet, sondern Streifen, die dem Geweihe, dessen Aeste sie an den Rändern etwas überragen, folgen, so könnte man sich verleiten lassen, die schmalen Aeste des Axialbaumes für das Geweih selbst zu nehmen und die Sohlengranulosa für eine weit abstehende Umrahmung. Bilder, wie Fig. 7 Taf. A werden genügen, diese Annahme zu widerlegen.

Bei den Reptilien haben mehrere Beobachter (Ranvier, Tschirjew, Bremer u. A.) geglaubt, eine besondere Art der Nervenendigung mit Beeren („en grappes") annehmen zu müssen, obgleich schon Ranvier vor Täuschungen durch künstliche, der Goldbehandlung zuzuschreibende Formänderungen bei dieser Gelegenheit gewarnt hatte. Die beerenförmigen Nervenenden sind in der That Kunstproducte, denn wenn es auch in den frischen Muskeln der Schlangen und Blindschleichen viele Geweihe mit lappigen und blattförmigen Enden gibt, so kommen doch keine mit so dünnen Stielen und so dicken Beeren vor, wie in den Goldpräparaten. Man vermeidet oder beschränkt diese Bildungen durch Unterlassen des Vorsäuerns und durch zeitiges Abbrechen der nachträglichen Säurebehandlung, noch besser durch Mitwirkung von Osmiumsäure, also mittelst der modificirten Golgi'schen Methode. Wie die beerenförmigen Nervenendigungen entstehen, glaube ich jetzt erkannt zu haben, nachdem ich mich anfänglich im Irrthum darüber befunden hatte. Dass viele unter den hierher gehörigen Goldbildern nichts anderes darstellen, als durch Schrumpfung und totale Abschnürung völlig in zusammenhangslose Klumpen und Kugeln zerfallene Endgeweihe war wohl von Anfang an klar, so dass mit Recht davor gewarnt werden durfte, diese Trümmerhaufen (Fig. 22 u. 23), die auf den ersten Blick sogar Kernansammlungen gleichen, nicht mit den Sohlen- oder Telolemmkernen, welche übrigens niemals rothe Goldfärbung annehmen, zu verwechseln. Indess entwickeln sich diese Zerstörungen nicht mit einem Schlage, sondern es gehen ihnen geringere voran, oder es wird die Zerstörung überhaupt keine vollkommene und in diesem Falle bilden sich jene Beeren an mehr oder minder dünnen Stielen. Was an denselben auffällt, ist vor allem das häufige Ausbleiben

der Färbung an den Stielen, so dass die Traube wie aus dunklen Kirschen mit hellen Stengeln zusammengesetzt erscheint (Fig. 24), etwas, das selbst bei entschieden überfärbten Objecten vorkommen kann. Sehr häufig sind die Beeren selbst nicht durch ihre ganze Masse gefärbt, so dass man sie als zusammengesetzt aus einem dicken farbigen inneren Klumpen und einer mässig breiten hellen Schale erkennt. Darf man in dem dunklen inneren Ballen etwas dem Axialbaume entsprechendes erkennen, so muss es sehr auffallen, dass dieser Inhalt ungestielt ist, insofern der Stiel der Beeren nur die Fortsetzung der kaum gefärbten Schale darstellt. Zahlreiche Uebergangsbilder, die mir allmählich zu Gesicht gekommen sind, lassen mich nicht zweifeln, dass die ganze Erscheinung zunächst auf Schrumpfung und auf einem Zusammenballen des Axialbaumes beruht, welchem das Stroma langsamer folgt. In den breiteren Antheilen des Geweihs und namentlich in den kolbigen und blattartigen Enden desselben wird die axiale Substanz zu den grösseren Klumpen zusammen- und aus den schmäleren Theilen des Astwerkes, wo sie nur dünnere Brücken bildet, herausgezogen, um sich mit den grösseren Klumpen zu vereinigen. Die Perlschnurformen, die sich zwischen den Beeren finden, oder das Auftreten von Beerenketten sprechen deutlich genug für diesen Hergang der Dinge. Wird derselbe durch geeignete Vergoldungsmethoden vermieden, so findet man in den Schlangenmuskeln fast ebenso schöne blattförmige Endgeweihe wie nach Versilberung oder im frischen Zustande, oder jene zierlichen Formen von Fig. 13—18, in denen die elegantesten Blätter mit breiter aber dünner farbiger Einlage aus tiefer gerötheten zarten Stielen zu spriessen scheinen. Das Stroma der Nervengeweihe in den Schlangenmuskeln zeichnet sich vor dem der meisten andern Thiere dadurch aus, dass es nach der Vergoldung auffallend röthlichgelbe Färbung annimmt.

Bei den Säugern habe ich die Sonderung des Geweihs in Stroma und Axialbaum vorzugsweise beim Kaninchen verfolgt. Am besten eignete sich dazu die als Nr. III bezeichnete Methode und längeres Liegenlassen der Präparate in grösseren Mengen des ungesäuerten Glycerins, da das Geweih anfänglich total gefärbt zu sein pflegt oder der Axialbaum sich erst allmählich zu einem be-

sondern Gebilde zusammenzieht. Fig. 10 u. 11 zeigen die Axialbäume im Stroma ohne tiefer gefärbte Umrahmungen des letzteren, da die Sohle bei diesen Thieren überhaupt wenig Neigung hat, stärkere Goldfärbung anzunehmen. Die Objecte sind deshalb aber nur um so beweisender, insofern das Stroma nicht durch ausgesperrte helle Höfe, die von Schrumpfungen der Sohlengranulose herrühren könnten, vorgetäuscht werden kann. Das Bild ist ferner besonders übersichtlich, weil daran häufig sämmtliche Kerne, die der Sohle wie von einer farblosen Grütze körnig erfüllt, die des Telolemms etwas feinkörniger und von einem zarten schwärzlichen Flor überzogen zu sehen sind, während das Geweih mit tief violettem Axialbaum in hellrothem Stroma auf himmelblauer Muskelsubstanz liegend erscheint.

Da man seit meinen Erörterungen in Virchow's Archiv (Bd. 30 S. 187) und in Stricker's Handbuch (S. 163 u. f.) jegliche hypolemmale Nervenendigung und namentlich die eigentlichen, von mir beim Frosche zuerst gefundenen blassen Terminalfasern, in welcher Weise sie sich auch verzweigen mögen, sei es als glatte Bänder oder als drehrunde Fasern in Gestalt von Stangen- oder geschlängelten Geweihen, für homolog selbst mit den complicirtesten bis zu den geduldspielartig labyrinthischen Platten- und Schaufelgeweihen betrachtet, so war die Frage aufzuwerfen, ob nicht auch die einfachsten blassen Terminalfasern z. B. der Amphibien bei der Goldbehandlung die Zusammensetzung aus einer axialen und einer mantelbildenden Substanz erkennen liessen. Dies ist in der That der Fall und erklärt erfreulicher Weise das bizarre Aussehen so vieler goldgefärbten hypolemmalen Nerven bei den Amphibien. Schon aus den bis jetzt veröffentlichten Abbildungen der Nerven vergoldeter Amphibienmuskeln konnten diejenigen, welche dieselben im frischen Zustande gesehen hatten, entnehmen, dass entweder stark veränderte oder sehr verschmälerte Gebilde den Zeichnungen zu Grunde gelegen hatten, oder statt der ganzen Fasern nur einer von deren Bestandtheilen. Zum Belege hierfür brauche ich nur auf Ranvier's Fig. 13 p. 338 und Fig. 4 Pl. VII l. c., auf Tschirjew's Fig. 2 u. 4 Taf. 11[1]) und auf Bremer's Taf. VII Fig. 4 l. c.

1) Arch. d. Physiol. norm. et path. 2e sér. vol. VI.

zu verweisen. Eigene Beobachtungen haben mir darüber Folgendes ergeben.

Beim Frosche ist in allen Stangengeweihen durch geeignete Goldbehandlung (namentlich nach Methode III) in den hypolemmalen Fasern eine innere Axialkrume, wie ich sage, da man hier nicht wohl von einem Baume reden kann, in tiefster Färbung sichtbar zu machen, umgeben von einem farblosen oder hellröthlichen Stroma. Die Krume besteht gewöhnlich aus einer durch faden- oder bandartige Brücken zusammengehaltenen Reihe kleiner Anschwellungen der verschiedensten Form, im Ganzen einer Perlschnur oder einem verknitterten Bande mit aufgereihten sehr unregelmässigen Schmelzen gleichend. Betrachtet man diese Formen mit starken Oelimmersionen, so findet man solche wie die in Fig. 45 Nr. C—G dargestellten und unter diesen auch manche (Fig. 45 F u. G) von unverkennbarer Aehnlichkeit mit den freilich viel grösseren Gestalten des Axialbaumes bei den Reptilien. Die letzteren treten vorzugsweise in zufällig deformirten, eingekerbten oder geknickten Geweihästen auf, und sind daher die seltneren. In überwiegender Zahl findet man die Axialstränge von einem sehr regelmässig cylindrischen, glatt berandeten Stroma umkleidet, welches das letzte Ende der Krume gewöhnlich etwas überragt, meist in Gestalt einer abgerundeten Spitze, wie eine Spitzkugel (Fig. 45 C u. D) etwa. Sehr merkwürdig ist es, dass von dieser ausserordentlich constanten Beschaffenheit der blassen Terminalfasern nichts zu entdecken ist an den kurzen rechtwinklig abzweigenden Aesten, durch welche dieselben mit den nächsten Parallelfasern verbunden sind, sondern dass diese Verbindungsstücke vielmehr so aussehen, als ob sie nur aus hellem Stroma beständen (Fig. 44 an einer Stelle links). Allerdings liegt es nahe und wünschte ich die Annahme zu vertreten, dass diese seltsame Abweichung auf Reissen und Zurückziehen der ursprünglich vorhandenen Axialsubstanz beruhe, was um so eher möglich scheint, als dieser Theil des Geästes stets der feinste ist, ich habe aber keine stärkeren Anhäufungen der Krume in den zugehörigen Parallelfasern an den Stellen, wo die Brücken abzweigen, zu entdecken vermocht, wie ich es erwartete, als Zeichen jenes dahin verschlüpften färbbaren Antheiles.

Beim Frosche kommen namentlich in den Zungen-, Kiefer-, Kopf- und Brustmuskeln die von Bremer beschriebenen atypischen Geweihe mit viel feinerem Geäste vor, die auch in den Abbildungen dieses Autors zum Theil perlschnurartig aussehen. Betrachtet man dieselben mit hinreichend starken Vergrösserungen, so findet man darunter zahlreiche Fäden, in denen die vom Golde tief gefärbte Substanz wirklich unterbrochen und nur durch schwach gefärbte schmälere Stromabrücken zusammengehalten ist. Diese Formen sind es, die zu den beim Salamander, den Tritonen, den Schildkröten und auch bei den Vögeln häufigen Perlschnüren überleiten, wie ich nicht zweifle, lauter Kunstprodukten, an die sogenannten trauben- und beerenförmigen Nervenenden erinnernd, aber doch von grossem Interesse, weil sie zeigen, wie leicht die Axialkrume bei manchen Thieren zerfällt. Der Beweis für diese Auffassung liegt auch hier darin, dass es nicht eben selten glückt, das Auftreten ganz zusammenhangsloser Beerchen zu vermeiden und dafür durch feine dunkle Striche verbundene Ketten derselben zu erhalten.

Unter den perlschnurartigen hypolemmalen Fasern gibt es eine besonders merkwürdige, u. a. schon von Bremer abgebildete Form, die ich ausser bei den Amphibien noch bei manchen andern Thieren finde, worin die Beeren auf grosse Strecken sämmtlich nach der Muskelsubstanz gerichtet und durch Fädchen verbunden sind, welche wie geschwungene Ranken in zierlichen Bögen nach aussen ragen, dergestalt, dass die Bögen aus dem Sarkolemm herauszuzuspringen scheinen. Was das sei, erkennt man bei der Unke gut (vergl. Fig. 48 u. 50), wo diese Gebilde besonders gross sind: es sind hypolemmale Fasern mit ziemlich dickem, zu unvollkommenen Abschnürungen geneigtem Stroma, welche letzteren das Sarkolemm wellig aufbauchen und je einen Klumpen der axialen Substanz in dem zwischen zwei von unten her einschneidenden Kerben enthalten. Ueber den Kerben erhebt sich der Axialfaden zum Bogen ganz dicht bis an den oberen hervorgewölbten Rand des Stroma, um sich zwischen den Kerben jedesmal wieder zu einer Beere herabzusenken. Dass dieses Alles in Wahrheit unter dem Sarkolemm liegt, lehren solche Fälle, wie der von Fig. 51, wo man den ganzen geschlängelten Geweihast der Muskelsubstanz anliegend und tief unter dem in diesem Falle abgehobenen Sarkolemm sieht.

Während ich mir vorbehalte, bei späterer Gelegenheit Genaueres über die atypischen Geweihformen der Amphibien mitzutheilen, kann hier auch der dicken ästigen Geweihe gedacht werden, denen man beim Frosche ausnahmsweise, viel häufiger bei der Kröte und Unke begegnet. In diesen kann die Axialsubstanz zu den seltsamsten Klumpen zerfallen und so merkwürdige Abschnürungen im Stroma veranlassen, dass man an eine wirkliche Gliederung des Ganzen denken könnte (vergl. Fig. 49), um so mehr als solche Geweihe mit Andeutungen von Sohlensubstanz, die sich ziemlich regelmässig in die Kerben der Abschnürungen einlagert, versehen sind. Erweichung und Druck haben indess den Hauptantheil an der Entstehung dieser Formen und es wird kaum nöthig sein, noch darauf aufmerksam zu machen, was Alles hierdurch zum Vorschein gebracht werden kann; können doch die hypolemmalen Axencylinder durch Druck sogar eigenthümliche Abdruckformen der Rhabdia des Muskels annehmen und diese in tiefster Goldfärbung wiederholen.

Unter den Amphibien eignet sich besonders der Frosch zur Herstellung isolirter Endgeweihe, wenn man mit den Präparaten in der früher angegebenen Weise verfährt; dieselben sind aus gewissen Froschmuskeln, wo die Geweihe in grosser Zahl alle neben einander in demselben Niveau der Muskelfasern liegen und fast unmittelbar aus den gröberen Nervenstämmchen spriessen, wie nach K. May's schöner Beobachtung im Brusthautmuskel oder im M. gracilis neben der Nervenlinie, sogar dutzendweise auf kleinstem Raume und entweder ganz frei oder in zusammengefallenen Sarkolemmen, welche ausser den Geweihen nichts mehr enthalten, zu finden. Da diese Astwerke alle eine Axialkrume mit hellem Stroma aufweisen, so wird das letztere in der heilen Muskelfaser also nicht etwa durch ausgesperrte Strassen der Muskelsubstanz vorgetäuscht. Dass das Stroma an den Stellen der Stangengeweihe der Amphibien und anderer Thiere, wo Aeste durch die Vergoldung zu unterbrochenen Reihen von Kugeln und Klumpen umgeformt sind, nicht immer nachweisbar ist, kann nicht überraschen, weil die zusammengeballte Masse das Stroma an den betroffenen Stellen übermässig ausdehnen muss und nahezu verdrängt.

Entstehung des Axialbaums.

In erster Linie musste man sich fragen, ob die Sonderung der Geweihsubstanz in eine axiale und in eine periphere (das Stroma) etwas das hypolemmale Nervenende auszeichnendes oder eine allgemeine Eigenschaft der Nervenfaser, also des Axencylinders sei. Das letztere schien das wahrscheinlichste und es sind auch vom Axencylinder der markhaltigen Nervenfaser Goldbilder zu erzielen, welche denen des zum Geweih ausgebreiteten gleichen. Möglichst intensive Vergoldung ist dazu nöthig und der Zufall pflegt schon in unseren Muskelpräparaten, in denen es ja an markhaltigen Nerven nicht fehlt, die gewünschten Objecte zu liefern. Hierzu ist ausser intensiver Vergoldung noch längere Einwirkung stark sauren Glycerins zu empfehlen, um die durch die Markhülle sehr erschwerte Färbung des Axencylinders zu bewirken.

An den gewöhnlichen ohne absichtliche Ueberfärbung hergestellten Präparaten gibt es kaum etwas auffallenderes als das Fehlen der Goldfärbung gerade an den Stellen der markführenden Nervenfasern, wo der Axencylinder dem Reagens am zugänglichsten scheinen muss, nämlich an den Ranvier'schen Schnürringen. Oft genug sieht man Muskelfasern mit herrlich vergoldeten Endgeweihen und zutretendem epilemmalen Nerven, dessen Mark tief gefärbt ist, an welchem die Schnürringe durch das Fehlen oder durch die Blässe der Farbe nur um so deutlicher hervortreten. Indem man ferner noch den Axencylinder als hellen dicken Cylinder durch die ganze Länge des dunklen Marks verlaufen sieht, begegnet man also gerade Erscheinungen, welche dem, was man von der Goldmethode, die ja wesentlich zum Zwecke der Axencylinderfärbung erfunden worden, erwartet, zuwider sind. Wie schon erwähnt, dürfte dies auf der Concurrenz des die Goldsalze in Menge aufnehmenden Nervenmarkes beruhen. Ist das Gold jedoch durch längere Einwirkung vor der Reduction in starkem Ueberschusse verwendet worden oder hat dasselbe nach der Reduction Gelegenheit gehabt, das Mark wieder zu verlassen, wie es nach unseren Erörterungen über die Goldwirkung geschehen kann, so färben sich auch die Axencylinder. Der letztere, auf Farbenumwälzung beruhende Fall ist in diesem Augenblicke der wichtigere und soll deshalb zuerst beschrieben werden.

Die Nervenfasern zeigen ein hell lilafarbenes Mark, von der Schwann'schen Scheide überall knapp begleitet und mit dem weiten von vielen Kernen besetzten Schlauche der Perineuralscheide umgeben. Im Lumen der Markscheide verläuft der dicke Axencylinder fast überall in Gestalt eines wulstigen tiefbraunrothen Stranges, in dem man keine besondere Structur, sondern höchstens körnige Beschaffenheit oder eine unterbrochene strichförmige Anordnung des gefärbten Materials erkennt. An den Schnürringen und besonders an den Theilungsstellen (vergl. Fig. 47) wird der Axencylinder sehr schmal unter plötzlichem Absetzen der dunklen Färbung und Uebergang zu lichtem Roth. Bemerkenswerth sind nun einzelne von diesem Verhalten abweichende Strecken, wie die in Fig. 47 zwischen *b* und *b'* gelegene. Wiederum in der lilafarbenen Markscheide liegt die Fortsetzung des in Form und Dicke unveränderten Axencylinders; derselbe ist aber hellroth und zeigt nur in der Axe einen weit schmäleren tief violetten unregelmässigen Strang. Könnte man noch zweifeln, dass der innere Strang dem Axialbaume oder einer Axialkrume, dessen nächste rothe Umhüllung dem Stroma und nicht einem beliebigen zwischen Mark und Axencylinderscheide entstandenen Hohlraum entspreche, so wird dies genügend bewiesen durch die an den Rissenden solcher Nervenfasern nicht selten zu findenden, vom Mark entblössten isolirten Strecken des Axencylinders, in welche sich dasselbe Bild fortsetzt (vergl. Fig. 47 unterhalb *b'*). Ausser der häufig noch mitgehenden weit abstehenden Perineuralscheide ist es dann nur noch das Axolemm, das die Substanz des Axencylinders umhüllt und diese erweist sich zusammengesetzt aus einem selbständigen Stroma und einer anderen Substanz, der axialen.

Da die vergoldeten Axencylinder an den Schnürringen und im Niveau der Nerventheilungen so aussehen, als ob sie nur aus Stroma bestünden und des axialen Bestandtheiles ganz entbehrten, was widersinnig scheinen muss, so wirft sich hier dieselbe Frage auf wie bei den schmalen, die Parallelfasern der Stangengeweihe verbindenden Brücken. Ich glaube die Sache bei den gewöhnlichen Axencylindern ganz ebenso auffassen zu müssen wie dort, nämlich von der schon erörterten Annahme ausgehend, dass die Axialsubstanz an den fraglichen Stellen am leichtesten reisst und sich in die nächsten ge-

färbten Strecken zurückzieht, denn dass auch diese verschmälerten Strecken des Axencylinders ursprünglich die gleiche Zusammensetzung haben wie alle übrigen, wird durch eine andere Art von Goldbildern bewiesen.

Durch blosse Ueberfärbung in der Markscheide dunkel gewordene Axencylinder treten in zwei Formen auf: entweder als dünne glatt berandete, an vielen Stellen stark geschlängelte Fäden oder als breitere wulstige Erfüllungen des Marklumens. Die ersteren habe ich auch, obwohl ohne Schlängelung nach der modificirten Golgi'schen Methode erhalten (vergl. die epilemmale Faser von Fig. 5), wobei das Mark durch die Mitwirkung der Osmiumsäure eine schwärzliche Nuance neben dem vom Golde herrührenden Violett annimmt; die letzteren nach Methode III. In beiden erscheint der Axencylinder tief violett und dunkler als das Mark, obwohl auch dieses eine fast braunrothe Farbe besitzt. Wie oft nun auch an diesen Präparaten die Schnürringe nur von kurzen blassrothen Axencylindern durchsetzt sind, so habe ich doch eine beträchtliche Zahl derselben zu sehen bekommen, in denen der Strang gar keine Unterbrechung des dunklen Violett zeigte und dies auch bei nicht geschlängeltem Verlauf, bei welchem man an nachträgliche Verschiebungen und an ein Wegschlüpfen kurzer ungefärbter Strecken in die nächsten Markhülsen denken könnte.

An den durch Ueberfärbung ohne nachträgliche Entfärbung des Markes, in Gestalt schmaler geschlängelter, sehr dunkler Fäden erhaltenen Axencylindern könnte man meinen nur die Axialsubstanz vor sich zu haben und ich habe dies anfänglich auch geglaubt. Dieselben sind aber etwas anderes, sie repräsentiren beide Bestandtheile, auch das Stroma, nur in stark geschrumpftem Zustande, denn es ist unmöglich an diesen Objecten etwas anderes als einen die Fäden vom Mark trennenden Hohlraum sichtbar zu machen. Man sieht es dem letzteren auch gleich an, dass darin nichts substantielles oder gefärbtes liegt und an jeder Rissstelle kommt der dunkle Faden ohne irgendwelche stromaartige Hülse heraus. Wir sehen also ein, dass in den markhaltigen Nerven nicht nur in der Regel der ganze Axencylinder ohne Sonderung in Stroma und Axensubstanz gefärbt zu erhalten ist, sondern auch unter Umständen ebenso in

toto gefärbt, wo er nahezu bis auf das Volumen der Axialsubstanz reducirt worden ist.

Dies führt uns zu den Endgeweihen zurück, bei denen wir nun die Frage aufzuwerfen haben, ob sie im Zustande tiefer Goldfärbung auch dann nur ihre Axialbäume weisen, wenn das Stroma nicht gesondert sichtbar ist? Ich habe diesen Punkt schon bei Erwähnung der Endgeweihe der Säuger berührt und kann durch die Abbildungen Fig. 6, 9 u. a. belegen, dass manche vergoldete Endgeweihe, deren Darstellung bei den Reptilien allerdings nicht so nach Willkür wie bei den Säugern gelingt, wirklich das ganze Geweih repräsentiren, so dass daran Axialbaum und Stroma nicht mehr zu unterscheiden sind. Diese Geweihe zeichnen sich durch grössere Breite des Geästes, namentlich der letzten Ausbreitungen und durch körnige, unregelmässige, fleck- oder wolkenartige Färbung, welche nicht selten die Ränder mehr als die Axe einnimmt, aus, so dass man selbst an eine Umkehr der Farbenfixirung zwischen Stroma und Axialbaum denken könnte. Da die dunkle Färbung in diesem Falle stellenweise auch strichförmige Zeichnung annehmen kann, so wird man nur um so mehr an die der dicken wulstigen Axencylinder in markhaltigen Nerven erinnert und überzeugt, dass wirklich Totalfärbung des Endgeweihs vorliegt. Vortrefflich stimmt damit die auffallende Breite dieser Goldbilder überein, die in einzelnen, allerdings seltenen Fällen sogar an die der frischen Endgeweihe heranreicht (vergl. besonders Fig. 9). Unsere Frage ist für Objecte dieser Art demnach beantwortet.

Schwieriger wird die Entscheidung an solchen Geweihen, welche anscheinend nichts als die gewöhnlichen schmalästigen Axialbäume aber ohne jede Andeutung eines umgebenden Stroma aufweisen, und ich habe nicht ohne Widerstreben die Ansicht gewonnen, dass solche Bilder möglich seien, weil sich das Stroma so gut wie die Sohle und selbst deren Kerne bei mangelnder eigener Färbung und in Abwesenheit zur Seite befindlicher durch Färbung differenzirter Dinge dem Blicke ganz entziehen könne. Dies mag das richtige treffen, wir können uns aber der Ansicht nicht entziehen, dass in gewissen Fällen auch ein total gefärbtes Endgeweih in demselben Grade zu einem sehr schmalästigen Gebilde zusammenschrumpfe, in welches

das Stroma mit eingehe, ebenso wie der gewöhnliche Axencylinder in toto zu einem dünnen Faden einzuschrumpfen vermag. Da man das letztere mit der modificirten Golgi'schen Methode so leicht erreicht, so bin ich sehr im Zweifel, ob nicht das durch dieselbe erzielte Bild von Fig. 5 z. B., in welchem die Muskelsubstanz nur strohgelb wurde und der Beobachtung so wenig hinderlich ist, dass man alle Sohlenkerne sieht, das ganze Endgeweih aber im Zustande stärkster Schrumpfung darstellt, so dass aller Anlass wegfiele, bei demselben noch eine unsichtbar gewordene Umrahmung durch das Stroma zu vermuthen. Dieses Geweih zeigt auch einen so eigenthümlich eckig knorrigen Charakter, der den Axialbäumen gewöhnlich nicht eigen ist und erinnert damit so sehr an die in vergoldeten Säugermuskeln häufigen Formen, dass meine Zweifel davon nur vermehrt werden.

Querschnitte vergoldeter Geweihe.

In dem Wunsche, unsere Darstellung der vergoldeten Nervengeweihe in jeder möglichen Weise zu controliren und zu befestigen, habe ich Dr. van Syckel aus New-York veranlasst, die Vergoldung von Muskelquerschnitten zu versuchen, nachdem ich mich selber lange bemüht hatte von bereits vergoldeten und gehärteten Muskelstückchen entscheidende Querschnitte herzustellen. Durch Zufall war mir, freilich nur ein einziges Mal, ein untadelhafter vergoldeter Querschnitt mit Nervenhügel, Geweih und Sohle in prächtigster Färbung in einem gewöhnlichen Präparate von Muskeln des Meerschweinchens (Taf. N Fig. 275) (wahrscheinlich mit der Scheere erhalten) vor Augen gekommen, der trotz seiner Dicke die Nervenendigung in erstaunlicher Klarheit überblicken liess und die besten Hoffnungen erregte; aber alle unsere weiteren Bemühungen, auf ähnlichem Wege die Erfüllung dieser Hoffnungen zu erreichen, sind gescheitert.

Unsere ersten Versuche bestanden darin, dass wir die nach den verschiedenen Methoden ohne stärkere Zerfaserung vergoldeten Muskelstreifen in Alkohol härteten oder wo Glycerin verwendet worden, nach Entfernung desselben durch Auswaschen mit verdünnter Ameisensäure, gefroren oder getrocknet in Querschnitte zu zerlegen

suchten. Es ist nicht schwer auf diese Weise, sei es aus freier Hand oder nach Einbettung mit dem Mikrotom feine Schnitte zu gewinnen; es wollte uns aber nicht gelingen, darunter solche mit deutlichem Geweih zu finden trotz zahlreicher Exemplare, an denen man den Nervenzutritt, den Nervenhügel und die Sohle recht gut erkannte. Die Objecte standen den von mir vor langer Zeit von frischen [1]) und vollends den von gefrorenen Muskeln erhaltenen und sofort in Osmiumsäure fixirten Querschnitten [2]) so sehr nach, dass von diesem Verfahren abzusehen war, um so mehr, als die mit Gold imprägnirten Muskeln das Messer angriffen und damit Unsauberkeit beförderten, welche die Lust zur Fortsetzung der Versuche benahm.

Vortrefflich gelangten wir dagegen zum Ziele, als wir die Vergoldung erst an den fertigen Querschnitten vornahmen. Wir haben uns zur Herstellung der Schnitte anfänglich frischer gefrorener Muskeln bedient und die Querschnitte sogleich in die Goldlösung gebracht; da das Verfahren aber sehr mühsam war, wenn man das Messer nicht mit dem Golde in Berührung bringen wollte und selten gute Präparate lieferte, haben wir es ebenfalls verlassen und nur zur Controle eines anderen sehr einfachen benutzt, das unerwarteter Weise vollkommen anschlug. Dieses letztere, bei dem wir verblieben sind, besteht in der alten von Henle eingeführten Anfertigung der Querschnitte aus getrockneten Muskeln. Dünne Streifen frischer oder auch mit Ameisensäure oder Arsensäure vorgesäuerter Muskeln wurden ohne Unterlage, hängend oder zwischen zwei Nadeln kaum gespannt in der Schwebe gehalten an der Luft schnell getrocknet, darauf in feinste Korke geklemmt und in bekannter Weise ganz trocken oder unter schwacher Benetzung z. B. durch Anhauchen geschnitten. Am häufigsten wurden ungesäuerte Muskeln verwendet, deren Spänchen wir zunächst in NaCl 0,5 % sammelten und darauf nach denselben Methoden behandelten wie früher die ganzen Muskelfasern. Für Querschnitte der Reptilienmuskeln fanden wir die unter III erwähnte Methode am besten, für die Säugethiermuskeln die von Golgi, obgleich von den vorgesäuerten Muskeln die meisten Querschnitte zerfallen. Mühsam bleibt es

1) Virchow's Arch. Bd. 29 S. 207 mit Taf. VIII Fig. 1 u. 2.

2) Ibid. Bd. 34, vergl. d. Holzschnitt S. 414.

freilich in allen Fällen, die dünnen Schnittchen aus den Flüssigkeiten herauszufischen und umzulagern und es ist auch sehr vorsichtige Behandlung der fertigen Präparate erforderlich, wenn man nicht durch Druck das beste daran verderben will. Um in einem Schnitte möglichst viele Muskelquerschnitte und unter diesen recht viele mit Nervenendigung zu erhalten, ist es zweckmässig, aus einem enthäuteten Eidechsenbein den Knochen herauszunehmen, die Muskeln möglichst von einander zu lockern und das Bein am Becken und am Fusse fixirt zu trocknen. Entnimmt man dann die Schnitte dem mittleren Drittheile des Oberschenkels, so ist man ziemlich sicher, in jedem Durchschnitte das gewünschte zu finden.

Indem ich mir vorbehalte auf zahlreiche Einzelheiten, welche diese Querschnitte zu den wichtigsten und lehrreichsten Objecten der gesammten motorischen Nervenendigung machen, an geeigneter Stelle zurückzukommen, beschränke ich mich hier auf dasjenige, was die Beschaffenheit des Nervengeweihs betrifft und zunächst auf die Querschnitte der Eidechsenmuskeln.

Wo nur der Schnitt im Nervenhügel ein Stück oder einen Ast des Geweihs getroffen hat, erscheint der Querschnitt desselben zusammengesetzt aus zwei Theilen, aus einem inneren dunklen und einem äusseren helleren, also aus einem centralen von einem breiten Ringe umgebenen Scheibchen. Die gewöhnlich fast homogen, kaum körnig roth gefärbte Sohle sticht scharf gegen die sehr schwach gefärbte Muskelscheibe ab und nicht minder deutlich gegen das Stroma der Geweihdurchschnitte. Noch auffallender sind diese Abgrenzungen wo die Sohle tiefer gefärbt ist und zahlreiche feinste schwarze Körnchen, wahrscheinlich metallischen Goldes enthält, was bei diesen Präparaten verhältnissmässig oft der Fall ist. Zur Erkennung und Abgrenzung des Stroma bedarf es an den Querschnitten aber gar keiner Sohlenfärbung, denn die Stromaringe sind ringsherum ebenso scharf zu erkennen, wenn jene Färbung ganz ausblieb und auch an denjenigen Stellen, wo die Sohle Lücken hat und wohin die Farbe sich nicht erstreckt. Ebenso gut umrandet ist das Stroma ferner nach oben, d. h. gegen das Telolemm. Ueber die Erfüllung des Stroma durch den Axialbaum ist kaum mehr zu sagen, als dass derselbe jede centrische und excentrische Lage und

jedes Grössenverhältniss zu dem Stromaringe haben kann, bei excentrischer Lage aber auffallend häufig gegen das Telolemm gehoben erscheint. Auch die Form des inneren dunklen Scheibchens wechselt in dem Grade, wie man es nach den früher geschilderten Totalansichten des Axialbaumes nur erwarten kann.

Die Geweihdurchschnitte zeigen im Allgemeinen gegen das Telolemm hin glatte bogenförmige Contouren, gegen die Sohle oder zum Muskel hin vielfach ebenso regelmässige, aber häufig auch buchtigere und selbst papilläre Ausbiegungen, die man in der entgegengesetzten Richtung niemals wahrnimmt. Ebensolche Fortsätze sendet dann gewöhnlich auch der Axialbaum in den Auswüchsen nach abwärts. Wie hieraus hervorgeht, ist die Form der Astquerschnitte eine sehr wechselnde: sie zeigt sich sowohl kreisförmig wie bohnenförmig, selbst wurstartig, schon weil die Schnitte einestheils nicht sämmtlich vollkommen rechtwinklig alle Muskelfasern treffen, anderntheils auch bei senkrechter Richtung auf die Muskelfaser von manchen Geweihästen Durchschnitte jeder Richtung, selbst Längsschnitte aufweisen müssen.

An den Muskelquerschnitten vom Säugethiere (Kaninchen, Hund) wollte anfänglich die Vergoldung der Geweihe nur ausnahmsweise glücken und wir haben es auch erst einigermaassen befriedigend dahin gebracht, als auch an diesem Objecte die Golgi'sche Methode verwendet wurde. Das Aussehen der Geweihdurchschnitte unterscheidet sich nur in dem Punkte von dem der Eidechsen, dass das Stroma in der Regel dunkler gefärbt ist und schmälere Ringe um die axialen Scheibchen bildet. Im Gegensatze zu den an ganzen Muskelfasern des Kaninchens häufigen Totalfärbungen der Geweihe haben wir keinen einzigen Durchschnitt der Aeste gesehen, in welchem das Stroma nicht vom Axialbaum zu unterscheiden gewesen wäre. Dies mag auf anderer Wirkung der Vergoldung vom Querschnitte aus beruhen, lässt aber auch die Erklärung zu, dass bei der gewöhnlichen Aufsicht auf die Muskelfaser die beiden Bestandtheile des Geweihs wegen der tiefen Färbung und wegen der nicht sehr grossen Differenz der Nuancen überhaupt schwer zu unterscheiden und vollends nicht gesondert zu erkennen sind, weil die Farbe der Muskelsubstanz oder der Sohle hinzukommt, Verhältnisse, welche sämmtlich

im Anblicke des Querschnittes wegfallen und an unsere früheren Beschreibungen der optischen Querschnitte des Geweihs im Profilbilde der Muskelfaser erinnern.

Unersetzlich sind die Querschnitte der Nervenendigung zur Erkenntniss der Dicke des Geweihs und der Sohle, d. h. des ganzen Nervenhügels, und in dieser Beziehung sind sie zum Theil überraschend. Da der Axialbaum in der Mehrzahl der Fälle mehr in dem zum Telolemm gerichteten Theile des Stroma liegt, so hat das letztere seine Hauptausdehnung gegen den Muskel hin und ist also höher (dicker) als es in der Aufsicht erscheint, wenn man in dieser die Breite nach den Abständen der äusseren Contouren von denen des Axialbaums schätzt, wie es unvermeidlich bei der Einstellung auf diesen am meisten in's Auge fallenden Bestandtheil der ganzen Nervenendigung geschieht. Kommt dazu noch die an manchen Stellen recht dicke Sohle und der Umstand, dass gelegentlich auch einzelne Astquerschnitte übereinander liegen, so erreicht das ganze Packet solche Dicke, dass es einen beträchtlichen Antheil in dem Gesammtdurchschnitte der Muskelfaser einnimmt. Unter Umständen ergab die Messung an der höchsten Stelle des sichelförmigen Ansatzes bis $^1/_5$ des längsten Durchmessers der Muskelsubstanz und zwar an Schnitten, deren beträchtlicher Umfang und glatter geordneter Inhalt alle Garantieen bot, dass sie senkrecht zur Axe der Faser gefallen waren.

Bedeutung des Axialbaumes.

Wenn wir uns den Axencylinder als einen Schlauch vorstellen, gefüllt mit Substanzen, die durch Metallsalze gefällt oder „aggregirt“ werden, so würden sich in seinen geweihförmigen Ausbreitungen durch die Goldbehandlung wohl dem Axialbaum ähnliche Figuren bilden können, ohne dass diesen Bildungen gleichende, geformte Dinge ursprünglich vorhanden gewesen wären. Das Skelet, welches das Gold in einem Stroma sichtbar macht, könnte also ein reines Kunstproduct sein, besonders dann, wenn der ganze Inhalt des Axolemms gänzlich structurlos wäre und entweder aus einer Flüssigkeit oder aus homogener Substanz bestünde. Die andere Möglichkeit ist die, dass der Axialbaum ebenso präformirt wäre, wie er uns in der Goldfärbung entgegentritt, oder dass er in anderer Gestalt präexistirte

und durch die Goldbehandlung umgewandelt, die uns bis jetzt bekannt gewordene Form erst annimmt.

Den Axialbaum im ersteren Sinne für ein reines Kunstproduct zu halten, vermochte ich schon nach einigen Beobachtungen über sein Hervortreten bei ganz anderen Einwirkungen als denen der Goldmethoden nicht. Wer den Veränderungen der Nervengeweihe, die sich beim Absterben in frischen Muskelfasern entwickeln, folgt, wird nicht selten ausser den früher von mir beschriebenen Aenderungen der Lichtbrechung, dem Auftreten härterer Contouren und von Verschmälerungen und Einkerbungen, auch Trübungen in dem Geäste wahrnehmen, welche anfänglich wolkenartigen Schatten gleichen, sich aber allmählich mehr axial verdichten und dann namentlich in breiteren Lappen des Geweihs hier und da den Figuren des Axialbaumes entschieden vergleichbar werden. Dasselbe habe ich gelegentlich an den Geweihen von Eidechsenmuskeln gesehen, deren Nerven ich electrisch tetanisirt hatte und in den Muskeln mit Strychnin lange tetanisirter Eidechsen. Es ist auch vorübergehend zu erkennen bei der Einwirkung sehr verdünnter Säuren oder von verdünnten sauren Phosphaten auf frische Objecte. Am besten kommen die Figuren zum Vorschein durch Collodium. Zu dem Ende fertigt man rasch ein Zerfaserungspräparat frischer Eidechsenmuskeln an, ohne Flüssigkeit zuzusetzen, bedeckt es mit einem grossen Deckglase und lässt vom Rande her Collodium zufliessen. Ohne für den Erfolg jedesmal einstehen zu können, darf ich diese Behandlung empfehlen, die mir in mehreren Fällen so vorzügliche Bilder, wie Fig. 46 Taf. C geliefert hat. In dieser Zeichnung sieht man einen starken Geweihast zwischen noch ganz unveränderten Körnchen und Kernen der Sohle, den Ast selber deutlicher als vor dem Zutreten des Collodiums und etwas geschrumpft und gefaltet, das Innere aber erfüllt von einem sonderbaren wurstartigen Gebilde, welches sich unter den Augen des Beobachters durch Ablösung von der inneren Wandfläche abhebt. Ist diese Art von Axialbäumen auch dicker als die der Goldpräparate, so kann man doch kaum zweifeln, dass sie desselben Ursprunges sei und sofort erinnern diese Gebilde an das, was man in den Axencylindern markhaltiger Nerven als das federseelenartige Gerinnsel bezeichnet hat [1]).

1) Vergl. Fr. Boll. Arch. f. Anat. u. Physiol. anatom. Abth. 1877. S. 297.

Streng genommen können diese Beobachtungen allerdings noch nicht die Präexistenz eines besonderen Materials, das sich zum Axialbaum umformt, beweisen, schon weil selbst das gewöhnlichste und Allen bekannte Federseelenbild noch keineswegs übereinstimmend und nicht einmal als mittelbares Product einer präformirten Organisation des Axencylinders angesehen wird. Ebensowenig durchschlagende Anerkennung hat sich bekanntlich die von Vielen getheilte Annahme der fibrillären Structur des Axencylinders zu erwerben vermocht, trotz des deutlichen Hervortretens der Axencylinderstreifung, das wir seit den schönen Arbeiten von Hans Schultze[1]) kennen und ich selber habe zu denen gehört, welche die Stichhaltigkeit der seither für die Präexistenz der Fibrillen des Axencylinders vorgebrachten Beweise bekämpft haben, vor Allem, und wie ich glaube, mit guten Gründen das aus dem Vorkommen natürlicher markloser Nervenfibrillen dazu herangezogene Argument.

Diese meine Ansicht habe ich geändert und zwar auf Grund eines bis jetzt unbekannt gebliebenen Factums. Die fibrilläre Structur und mehr als das, auch die federseelenartige Zeichnung sind nämlich in überlebenden und lebenden unberührten markhaltigen Nervenfasern in situ ganz gut zu erkennen. Es bedarf nur des durchsichtigen Schwanzes irgend eines kleinen unversehrten lebenden Fisches oder einer frisch abgeschnittenen ohne Druck und ohne Zusatz unter eine gute Oelimmersion (Hartnack II oder Zeiss 1/18) gebrachten Nickhaut des Frosches, um die Fibrillen des lebenden Nerven sofort in zahlreichen Fasern zu sehen. In Fig. 63 a—e habe ich versucht solche Nervenfasern der Froschnickhaut abzubilden. Am deutlichsten erscheint das wohlgeordnete Fibrillenbündel in der an einer Stelle aufgebauchten Faser *a*, wo die schmale Markrinde einen Zwischenraum bis zum Axolemm lässt; ich habe aber den Eindruck empfangen, dass solche periaxialen Zwischenräume auch in ganz cylindrischen Nervenfasern vorkommen und namentlich da, wo überhaupt der Axencylinder mit seiner Strichelung zu sehen ist. Schon an diesen Exemplaren gewinnt man durch Aenderung der Einstellung des Mikroskops die Ueberzeugung, dass die Strichelung in die Tiefe

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. anatom. Abth. 1878. S. 259.

bis zur unteren Fläche des Axencylinders durchgreift, also von keinen Falten innerer Scheiden herrührt; noch mehr an Objecten die überraschender Weise Uebergänge des Fibrillenbündels zur Federseele zeigen, wie die Fasern *c* und *d*. Ich bekenne, wie sehr mich diese Erscheinung, die ich immer für eine cadaveröse gehalten hatte, an der frischen Nickhaut überrascht hat, wo man unmittelbar nach der Herrichtung doch nicht an Folgen des Absterbens denken kann und ich habe deshalb vermuthet, dass diese Form des Fibrillenbündels im Axencylinder mit physiologischen Veränderungen im Zusammenhange stehe. Die Angelegenheit wird noch sehr eingehend experimentell bearbeitet werden müssen. Vorläufig habe ich einen Zusammenhang der „Aggregation" der fraglichen Bestandtheile des Axencylinders, wie ich die Erscheinung im Anschlusse an einen Darwin'schen Terminus nennen möchte, an Erregungszustände der Nerven herauszubringen versucht, indem ich mich bemühte, sämmtliche in Frage kommenden Kopfnerven von ihren Ursprüngen in der Schädelhöhle aus zu reizen, was laut Aussage der fein zu beherrschenden Muskelbewegungen im Umkreise des Auges sehr gut streng localisirt geschehen kann durch die von mir in diesem Sinne eingeführte unipolare Reizung [1]). Da die Reizungen im Ganzen zehn Minuten nicht überdauerten, darf ich annehmen, dass die Nervenfasern an dem abgeschnittenen und enthirnten Kopfe keine Zeit hatten, in gewöhnlicher Weise abzusterben und ich bin deshalb sehr geneigt, die stärkere Aggregation, welche die Fasern *a* und *b* von Fig. 64 zeigen, der ihnen zugeleiteten Reizung zuzuschreiben.

Nach diesen Aufschlüssen halte ich die fibrilläre Structur des lebenden Axencylinders für gesichert. Wieder einmal wären wir also in der Lage, eine fundamentale Conception auf Grund klassischer Forschungen und bewunderungswürdig vollendeter Beobachtungen Remak [2]) zuzuerkennen, der den fibrillären Bau zuerst an unbestritten frischen Nerven des Flusskrebses entdeckt und für sämmtliche Nerven vorausgesagt hat.

Ein ausgezeichnetes Object zum Studium der Fibrillen des Axencylinders findet sich in gewissen colossalen, leider ziemlich

1) Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1860. S. 156 u. 157.

2) Ibid. 1844. S. 463 mit Fig. 8 auf Taf. XII.

seltenen Nervenfasern der Froschmuskeln. Diese Riesenfasern, wie ich sie nenne, und die ich gelegentlich nach zahlreichen Theilungen bis zu mehreren Endgeweihen hin verfolgt habe, enthalten unter einer verhältnissmässig sehr dünnen Markscheide colossale Axencylinder von mehr als 40$^{\mu}$ Durchmesser, welche an Rissenden nur vom Axolemm umhüllt ziemlich lang hervortreten. Die letzteren sind im frischesten Zustande schon gestrichelt oder von Reihen sehr feiner Pünktchen durchsetzt; ich kann aber nicht sagen, dass der fibrilläre Bau in der Tiefe recht bemerkbar würde und fand auch den optischen Querschnitt des umgebogenen entblössten Axencylinders nicht so von Kreisen oder Punkten eingenommen, wie ich es von einem Fibrillenbündel erwartet hatte. Prachtvoll tritt dieses Bündel aber später im Absterben zu Tage in Gestalt dicker federseelenartiger Massen, deren Streifung mit den Fascikeln collagener Fibrillen fast wetteifern könnte. Wie Fig. 62 zeigt, löst sich das aggregirte Bündel von einer inneren Axencylinderscheide, dem Axolemm ab, das sich seinerseits vom inneren Contour der Markscheide, in Wirklichkeit von der inneren Hornscheide, abhebt. Was das Axolemm ausser dem Fibrillenstrange umschliesst, ist das Stroma, während der Strang das ist, was sich in der peripheren Ausbreitung des Endgeweihs als Axialbaum präsentirt.

Ich erkläre also den Axialbaum für entstanden aus dem fibrillären Antheile des Axencylinders.

Das Stroma.

Präexistirt statt des Axialbaumes im lebenden Axencylinder ein Bündel gleichmässig über den Querschnitt vertheilter Fibrillen, so liegt auch das Stroma nicht peripher oder mantelartig, sondern befindet sich ebenso gleichmässig zwischen den Fibrillen vertheilt, wie ein dazwischen gegossener Kitt. Ich wage kaum in die Discussion einzutreten über die natürliche Beschaffenheit dieses Stroma, und nicht zu erörtern ob es gallertig oder flüssig sei, obgleich mir das letztere um so wahrscheinlicher ist, als ich[1]) seit lange Gründe für die flüssige Natur eines beträchtlichen Antheiles des Axencylinders fand,

1) Vergl. Lehrbuch der Physiol. Chemie 1866, S. 338.

welcher Annahme sich Viele angeschlossen haben, u. A. v. Fleischl[1]) und Boll[2]). Zugegeben wird wohl allgemein, dass der Axencylinder sehr weich sei, und wenn man dies für die Fibrillen annimmt, so wird es erst recht für das Stroma gelten müssen. Sicher ist das Stroma sowohl der Schrumpfung wie der Quellung fähig, was zunächst im Widerspruch wäre mit einer flüssigen Beschaffenheit. Da die Substanz aber auch gerinnungsfähig sein kann, und die Quellung bewirkenden Mittel sowohl, wie die Schrumpfung bewirkenden, ebensogut vorerst Gerinnung herbeiführen können, ein Verhalten, das man ja vom Muskelplasma lange kennt, so ist nicht allein jener Widerspruch zu überwinden, sondern auch eine Vorstellung möglich über den Vorgang der Aggregation der Fibrillen. Die letzteren selber aus gelatinöser und durch einen Gerinnungsact schrumpfender Masse gebildet zu denken, würde wohl helfen, um die Entstehung feinerer Fibrillen, die dann auch schmälere Bündel liefern müssten, zu erklären, würde aber nicht genügen, um deren Zusammengehen zu einem federseelenartigen Gerinnsel aufzuklären; und es liegen auch keine Beobachtungen vor über Verfeinerung der Axencylinder-Streifung im Absterben oder nach Anwendung der die Fibrillen am besten sichtbar machenden Reagentien, unter denen vor allen das von Hans Schultze zu diesem Zwecke verwendete Silbernitrat zu nennen ist. Hier spricht also abermals etwas für eine gerinnungsfähige Flüssigkeit im lebenden Axencylinder und wenn man mit dem Worte Stroma ausschliesslich etwas festes bezeichnen mag, so spricht vieles dafür, dass das Stroma der abgestorbenen oder auch der mit Gold behandelten Nerven, weder der Vertheilung noch der substantiellen Beschaffenheit nach, im lebenden Axencylinder präexistirt. Man könnte statt dieses Stroma also für den lebenden Nerven ein Neuroplasma annehmen.

Das Neuroplasma würde diejenigen Nervenfasern, die wir Axencylinder nennen, auszeichnen, denn dass von diesen Bestandtheilen in marklosen Nervenfibrillen und an den feinsten Bündeln Remak's wenig oder nichts vorkomme, wird wohl ohne Widerspruch ange-

---

1) Vergl. Beiträge z. Anat. u. Physiol., als Festgabe Carl Ludwig gew. Leipzig 1874 S. LI.

2) Arch. f. Anat. u. Physiol. anatom. Abth. 1877 S. 297.

nommen. Das Neuroplasma dürfte auch die Ursache der chemischen Differenzen zwischen echten Axencylindern und den übrigen Nervenfasern, d. h. den marklosen Nervenfibrillen, sein, namentlich des merkwürdigen Unterschiedes der Quellbarkeit durch Osmiumsäure von 0,1%, welche wir früher[1]) gegen die der Fibrillentheorie entnommene Gleichheit aller Nervenfasern geltend gemacht haben.

Das motorische Geweih und der Axencylinder.

Wie einleuchtend es aus morphologischen Gründen scheinen muss, dass das motorische Geweih nichts anderes sein könne als eine gleichwerthige Fortsetzung des motorischen Axencylinders, so kann doch die Frage nach der vollkommenen Uebereinstimmung des Nerven und seines wirksamen Endes nicht ernst und vorsichtig zweifelnd genug behandelt werden. Wir haben deshalb der durch die Goldmethode aufgedeckten Pseudostructur des Endgeweihs, ohne deren Aufklärung einer sehr abweichenden Auffassung des fraglichen Verhältnisses die Thore weit geöffnet worden wären, schon aus diesem Grunde die neuen Untersuchungen über den Axencylinder folgen lassen und schliessen daran noch einige weitere Beobachtungen.

Die colossale Quellung der Axencylinder durch sehr verdünnte Osmiumsäure ist eine so auffallende und charakteristische Reaction, dass sie an den Endgeweihen mindestens probirt werden musste. Ich bin erstaunt gewesen, schon Anwendungen von diesem Verhalten zu begegnen bei Beobachtern, die mit demselben aus eigener Anschauung unmöglich bekannt gewesen sein können, wie aus der leichthin ausgesprochenen Behauptung hervorgeht, die Vorbehandlung mit Osmiumsäure erzeuge dickästige Endgeweihe, weil das Reagens nach meinen Angaben Axencylinder zum Quellen bringe. So einfach liegen die Dinge bei den hypolemmalen Nerven leider nicht, ja das Experiment schlug *mir* an diesem Objecte sogar immer fehl. Wie man sich erinnert, ist es Vorbedingung für die Quellung, dass der Axencylinder an Rissstellen des Nerven von der Mark- und Hornscheide befreit sei; dann erst sind die Hindernisse, welche diese Quellung nicht zu überwinden vermag, entfernt. Muskelfasern

1) Vergl. W. Kühne u. Steiner, Beobachtungen über markhaltige und marklose Nervenfasern. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg Bd. 3 S. 149.

in Osmiumsäure von 0,1 % gebracht, erhärten aber sogleich und wie dehnbar das Sarkolemm unter diesen Umständen bleibe, wissen wir nicht; es scheint aber nicht dehnbar genug zu sein, um dem Endgeweihe Quellung zu gestatten, wenn es nicht noch andere Gründe gibt, welche dieselbe regelmässig bei der einfachsten Ausführung des Experiments an Frosch- und Eidechsenmuskeln verhindern.

Um dem Geweih Raum zu schaffen, in welchem es zu quellen vermöchte, habe ich den Versuch an frisch in NaCl 0,5 % isolirten Muskelfasern der Eidechsen angestellt, die in der feuchten Kammer so lange gelegen hatten, bis sie todtenstarr geworden waren, und bis sich nur mit Muskelserum gefüllte Hohlräume gebildet hatten, in denen die Geweihe nur noch mit der Sohle verklebt, so gut wie frei lagen. Auch in diesem Falle blieb die Quellung aus, so oft ich im Laufe der letzten Jahre das freilich nicht häufig in der genannten Weise zugänglich werdende Object auszunützen suchte. Da die Quellung des Axencylinders in $\frac{1}{1000}$ Osmiumsäure aber bei Gegenwart von 0,5 % NaCl überhaupt nicht erfolgt, so hat man aus dem Präparate zunächst die Salzlösung durch Absaugen möglichst zu entfernen und es reichlich mit der Osmiumsäure durchzuspülen, weil man Wasser wegen der Verunstaltungen, die dasselbe an sich erzeugt, zum Auswaschen nicht nehmen kann. Damit wird indess wieder ein Fehler begangen, weil die Axencylinderquellung nicht nur sehr verdünnte Osmiumsäure erfordert, sondern diese auch in möglichst geringer absoluter Quantität. Man mag also verfahren wie man will, immer werden die Bedingungen sehr ungünstig sein, um das Geweih zur Quellung zu bringen, entweder weil das Salz nicht genügend entfernt wird oder weil zu viel Osmiumsäure zur Wirkung kommt. Möglich ist es auch, dass die mit Muskelserum erfüllte und vom Sarkolemm umkleidete Lücke in der Muskelfaser, die das Geweih enthält, gar nicht genügend durch Diffusion von den Serumstoffen zu befreien ist, um jemals einen so verdünnten Inhalt zu bekommen, dass die Quellung von Axencylindern darin erfolgen könnte. Der negative Ausfall dieser Versuche kann also durchaus nicht im Sinne der Annahme von Differenzen zwischen epilemmalen und hypolemmalen Axencylindern verwendet werden und

es gibt daher heute keinen Grund, das Endgeweih für etwas in der Structur und Mischung vom Axencylinder merklich verschiedenes zu halten. Damit soll allerdings nicht gesagt sein, dass nicht physiologische Verschiedenheiten denkbar wären, denn wenn es z. B. richtig ist, dass eine Nervenfaser an einzelnen Strecken verschiedene Erregbarkeit und verschiedene Leitungsgeschwindigkeit besitze, so stünde der Annahme solcher Differenzen auch zwischen epi- und hypolemmalen Fasern einstweilen nichts im Wege.

II.
Die motorische Nervenendigung im frischen Zustande.

Wenn ich hierüber von Neuem etwas mitzutheilen finde, so habe ich dies theils der ausserordentlichen Verbesserung unserer optischen Hilfsmittel durch die Homogen-Immersionen und die Beleuchtungseinrichtungen Abbe's, theils dem Versuche zu verdanken, die Nervenendigung unter verschiedenen physiologischen Bedingungen zur Anschauung zu bringen.

Indem wir vor Erörterung des ganzen Nervenhügels mit dessen Hauptinhalte, nämlich mit dem Geweihe beginnen, wird zuerst zu erwägen sein, ob das letztere im frischen Muskel überhaupt sichtbar sei.

Welche Sorgfalt ich der ausgedehnten Literatur über motorische Nervenendigung immer wieder zugewendet habe, so finde ich ausser Ewald nur einen Autor, der nach mir unzweifelhaft das frische Nervengeweih wieder gesehen hat. Es ist Engelmann[1]), dessen Beschreibungen und Abbildungen der hypolemmalen Nerven bei den Amphibien dafür vollkommene Bürgschaft leisten. Behauptet ist es auch von Ranvier und mit dem Zusatze, beim Frosche sei der hypolemmale Nerv sogar vor mir von R. Wagner und nach mir bei den Säugern von W. Krause gesehen; für alle Fälle, wie ich zeigen werde, jedoch mit Unrecht. Ich habe dazu auf die Zeit vor dem Gebrauche der Oelimmersionen zurückzugreifen, in welcher man mit den Wasserimmersionen namentlich von Hartnack arbeitete, die mir in früherer Zeit auch genügt hatten, ausser dem Stangengeweih noch die Plattengeweihe der Reptilien und Säuger zu finden.

1) Unters. über d. Zusammenh. v. Nerven- u. Muskelfasern, Leipzig 1863.

Seit ich in Stricker's Handbuch der Gewebelehre die erste Zusammenfassung der bis zum Jahre 1868 über den Gegenstand erschienenen Arbeiten gegeben hatte, kamen die Bestätigungen meiner Darstellungen mit Hilfe der Goldmethoden und wie ich mit Vergnügen sehe, auch Erweiterungen derselben durch die Entdeckung der atypischen Geweihe beim Frosch. Unsere jetzige Darstellung der vergoldeten Geweihe hat diese Bestätigungen allerdings erst vollkommen gemacht und wie ich annehmen darf, unsere Kenntniss der hypolemmalen Nerven noch in anderer Weise erweitert oder vertieft. Dennoch und obgleich ich auf dem entscheidenden Gebiete des frischen Materials so wenige Nachfolger gefunden habe, darf ich mich auf die meisten neueren Erfahrungen seit 1868, als die meinigen bestätigende berufen.

Ranvier's Behauptung: „Aussi le fait sur lequel Kühne a insisté principalement, la pénétration du nerf sous le sarcolemme, n'était-il pas un fait nouveau“ [1]) unter Berufung auf R. Wagner's „Neue Untersuchungen über den Bau und die Endigungen der Nerven“ (Leipzig 1847) widerlegt sich durch das Citat selbst, denn in der citirten Schrift steht: „*Sobald dieselben* (Nervenfasern von $\frac{1}{500}$ Linie Durchmesser) *nämlich an den für sie bestimmten Muskelprimitivbündeln angelangt sind*, *scheint es* (im Original gesperrt gedruckt) *(denn ich bin nicht ganz sicher), als durchbohrten sie die äussere durchsichtige Hülle des Bündels und verzweigten sich dann mit ausserordentlich feinen Aestchen*“ u. s. w.; es bleibt also nur hinzuzufügen, dass Ranvier mit seinem Gebrauche des Wortes „fait“ allein stehe.

Die zweite Behauptung Ranvier's, Krause habe bei seinen Angaben über blasse Terminalfasern in den Nervenhügeln der Säuger dasselbe gesehen, was ich bei der Eidechse und weiterhin bei den Säugern fand, nämlich die Platte (das labyrinthische Plattengeweih), wird durch Ranvier's eigene Beschreibungen und Abbildungen widerlegt, welche nirgends mit denen Krause's Aehnlichkeit haben, wohl aber mit den meinigen und sich mit diesen decken würden, wenn Ranvier das Stroma der vergoldeten Geweihe und die Schrumpfung der Geweihe durch die Goldbehandlung nicht entgangen

1) Leçons II. p. 245.

wären. Oder sollte er, der bei dieser Gelegenheit und in seinen sämmtlichen Leçons, trotz der ausserordentlich eingehenden und langen Behandlung der Geschichte des Gegenstandes, meine Abhandlung über die Nervenendigung in der Reptilienmuskeln[1]), worin ich die Plattengeweihe zuerst und ausführlich beschrieb, gänzlich ignorirte und statt ihrer ausschliesslich meine spätere Arbeit, welche die Geweihe der Säuger behandelte[2]), zum Nachtheile meiner Priorität anführt, mit Krause's Bildern umgekehrt verfahren sein, indem er von diesen die späteren aussuchte, die nach den meinigen entstanden waren? Ich glaube es fast, denn Anderen ist es nicht eingefallen, irgendwelche Aehnlichkeit zu finden zwischen Krause's gestreckten blassen Terminalfasern und der von mir gefundenen „Platte" (Geweih), wie es z. B. die Aeusserungen Engelmann's[3]), dem man keine Voreingenommenheit gegen mich zuschreiben wird, direct belegen. Ausserdem hätte Ranvier wohl beachten können, in welcher leicht verständlichen Weise nach meiner Beschreibung Krause seine anfänglich so einfachen gestreckten blassen Terminalfasern fortan mit einem reichen Gezweige ausstattete und sogar eine Endplatte mit breiten Lappen und Anastomosen abbildete, obwohl mit dem Zusatze, das sei eingeschlüpftes Nervenmark. Was Krause in den Objecten, von denen er jene einfachen Terminalfasern zeichnete, wirklich vor sich gehabt hatte, hätte Ranvier nicht entgehen dürfen, obwohl er es aus Höflichkeit verschweigen durfte, wie ich es bisher gethan habe. Es waren die letzten Theilungen markhaltiger epilemmaler Fasern,

---

1) Virchow's Archiv. Bd. 29. S. 433.

2) Ibid. Bd. 30. S. 187.

3) Vergl. Engelmann, Zur Lehre von der Nervenendigung im Muskel. Jenaische Zeitschr. für Med. u. Naturw. Bd. 4. 1868. S. 307, wo es S. 310 wörtlich heisst: „Wir alle hatten von der gänzlich abweichenden Auffassung Krause's abgesehen, bei der ersten Untersuchung angenommen, dass die Endplatte, eine protoplasmaartige Masse, die unmittelbare Verbreiterung des Axencylinders sei. Erst Kühne fand bei wiederholter Untersuchung, dass man an der Endplatte zweierlei unterscheiden könne: eine verästelte, oft netz- oder plattenförmige Ausbreitung des Axencylinders und eine granulirte, gleichsam als Sohle für diese dienende Masse mit Kernen. Nur wenige haben seitdem ihre Aufmerksamkeit dieser Ausbreitung des Axencylinders im Protoplasma des Nervenhügels zugewandt. Einzelne scheinen sie gar nicht gefunden zu haben, andere wie Rouget und Kölliker erklären sie für ein Kunstprodukt. Ich kann mich in dieser Frage nur auf Seite Kühne's stellen."

denn der Verfasser sagte ja selbst [1]), seine Terminalfasern seien „*nicht als marklose Axencylinder zu betrachten*“ und enthielten „*auch etwas Fett*“ und er bewies dies ausdrücklich, indem er die fraglichen Fasern mit Reihen von Fettkörnchen bei der Degeneration nach Durchschneidung des Nerven erfüllt fand [2]), was bekanntlich in den marklosen Ausbreitungen des Axencylinders niemals vorkommt. Ich bedaure, dies zur Sprache bringen zu müssen; indess war es Sachkennern in Deutschland kein Geheimniss und ich durfte es nicht mehr unterdrücken, nachdem im Auslande der Versuch gemacht worden, meine Priorität auf Grund dieser Verwechselung zu bestreiten. Eher hätte Ranvier meine eigene Aeusserung (in Stricker's Handbuch S. 166), es sei denkbar, dass Krause und auch Letzerich „im Nervenhügel die ersten Andeutungen der Nervenendplatte wahrgenommen haben; was Krause als blasse kolbig endende Terminalfaser beschrieben, kann ein Stück oder ein optischer Längsschnitt der Platte gewesen sein“ aufgreifen können, wie Krause selbst, der diese meine Worte als „eine gefährliche Concession“ bezeichnete. Dann hätte ich nichts zu erwidern gehabt, als dass mir, der ich die blassen Terminalfasern in den Muskeln des Frosches zwei Jahre vor dem Erscheinen der Krause'schen Arbeit [3]) entdeckt hatte [4]), wohl das äusserste Maass von Gerechtigkeit gegen fremdes Verdienst zustand, so dass ich auch Krause's vermeintlichen gestreckten Fasern einen Platz einräumen durfte unter den Vorläufern der später aufgedeckten Plattengeweihe. Was ich mit „dem optischen Längsschnitte“ im Sinne hatte, war die Faser *a* in *A* der Fig. 4 auf Krause's Taf. VI Bd. 18 a. a. O. und ich halte an dieser Auffassung fest, obgleich die Faser unter den Sohlenkernen liegend, was unmöglich war, gezeichnet ist, und natürlich ohne damit zuzugeben, dass sie eine der von dem Verfasser gemeinten gestreckten Fasern gewesen sei, die er ausserdem in derselben Figur und anderswo abbildete. Denn solche blassen gestreckten einfachen Fasern kenne ich sehr genau: wo sie existiren,

1) Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 18 S. 138.
2) Ibid. Bd. 21 S. 77.
3) Göttinger Nachr. 1863 Nr. 2 u. 3.
4) Compt. rend. S. 306, 18 Févr. 1861.

habe ich sie gefunden, nämlich beim Frosch, und wo sie nicht existiren, sondern von Krause irrthümlich angenommen worden sind, habe ich dies aufgedeckt und an ihrer Stelle jenes vielgestaltige Geweih gefunden, dem allmählich auch die Zustimmung Krause's zu Theil wird.

Zu Ranvier's eigenen Beobachtungen übergehend, bin ich zunächst nicht im Stande zu sagen, ob er die Stangengeweihe des Frosches im frischen Zustande oder nur in Silber- und Goldpräparaten gesehen habe; es wird nicht deutlich aus seiner Darstellung. Dagegen widmet er der Beschreibung der Nervenendigung in frischen Eidechsenmuskeln mehrere Seiten und beginnt wie folgt: Aussi suis-je fortement tenté de croire que les figures dans lesquelles Kühne représente les éminences nerveuses du lézard, et où tous les détails de l'arborisation sont si nettement délimités, où tous les noyaux sont parfaitement distincts (voy. Manuel de Stricker p. 159, fig. 36 b et c) n'ont pas été exécutées, comme il le dit, d'après le tissu vivant examiné sans addition d'aucun réactif". In unserer, einer deutschen Zeitschrift kann dieser Aeusserung nur hinzugefügt werden, was der Verfasser, der seines Verständnisses des Deutschen so sicher scheint, über die von ihm erwähnten Abbildungen an der citirten Stelle hätte lesen müssen. Es lautet: *„Fig. 36 Muskelfasern mit Nervenendigungen von Lacerta viridis“* ... *„Fig. 36b. Dasselbe in der Aufsicht von einer ganz frischen Muskelfaser, deren Nervenende vermuthlich noch erregbar ist. Die Formen der mannigfach verzweigten Platte sind im Holzschnitte nicht durch so zarte und blasse Contouren wiederzugeben, dass sie der Wirklichkeit entsprechen könnten. Fig. 36 c. Dasselbe wie es nach dem Tode des Nervenendes, sowie zwei Stunden nach Vergiftung mit grossen Dosen Curare erscheint“*. In Fig. 36 c stellte ich also mit Absicht eine abgestorbene Nervenendigung dar; doch Ranvier sagt: „comme il le dit, d'après le tissu vivant". Bei Fig. 36 b beschuldige ich den Holzschnitt des Mangels an Zartheit und Blässe; doch Ranvier entzieht uns seinen Glauben, denn „tous les détails de l'arborisation sont si nettement délimités etc.“ Endlich sagt er: „sans addition d'aucun réactif", aber ich finde darüber in meinem Texte für die genannten Figuren überhaupt nichts erwähnt. Doch Ranvier sagt: „comme il le dit".

Hätte Ranvier meine Arbeit im 29. Bande von Virchow's Archiv nachgesehen, aus welcher Fig. 36 c nur reproducirt ist (Taf. XIV Fig. 5), so hätte er S. 449 dazu die genauere Erklärung gefunden: „*24 Stunden nach der Amputation aus den Oberschenkelmuskeln isolirt und in Serum untersucht.*“ So viel ich mich erinnere, gilt das letztere auch für Fig. 36 b, denn diese Zeichnung hatte ich lange vor ihrem Erscheinen in Stricker's Handbuch skizzirt und zu einer Zeit, als ich die Muskelfasern in eiskaltem Froschblutserum zu isoliren pflegte.

Gleichviel indess, da Ranvier sagen könnte, dass er Serum (oder physiologische Kochsalzlösung) nicht zu den réactifs rechne. Ich meinerseits würde es thun, da ich mir an unserem Objecte viel Mühe gegeben habe, auch diese Zusätze zu umgehen und in diesem Falle zu sagen pflege: „ohne Zusatz“, worunter ich dasselbe verstehe wie die von Ranvier auf S. 318 seiner Leçons umständlich erzählte Herrichtung frisch isolirter Muskelfasern.

Dieses Verfahren und ein ähnliches mit dem sehr wesentlichen Unterschiede gegen das Ranvier'sche jedoch, dass ich die Muskelfasern auf dem Deckglase herrichte und dieses zum Deckel einer feuchten Kammer mache, oder auch ohne Deckglas mit Hartnack's Syst. 8 in einer feuchten Kammer untersuche, wodurch der sonst unvermeidliche Druck auf die Fasern vermieden wird, habe ich nun wirklich bei meinen früheren Untersuchungen auch angewendet und ich verstehe darum nicht, weshalb Ranvier nicht diese zum Gegenstande seiner Angriffe gemacht hat. Im 30. Bande von Virchow's Archiv hätte er auf Taf. IX die Figuren 4 und 5 laut Erklärung S. 220 als Nervenhügel mit Endplatte vom Menschen und von der Katze mit der Bemerkung: „frisch und ohne Zusatz“ bezeichnet gefunden. Ich will für die Vollendung der Zeichnung, die ich selber machen musste, nicht einstehen, da sie nicht besser ist, als ein Dilettant sie eben zu machen wusste, und kann selbstverständlich auch keine Garantie übernehmen, dass die so frisch wie möglich hergerichteten Präparate im Momente der Beobachtung noch physiologisch frisch waren, weil es sich um die schnell absterbenden Säugermuskeln handelte; für Ranvier aber, dem es darauf ankommen musste, dass das, was er nicht glauben zu wollen erklärte, doch auch wirklich gesagt worden, hätte

dies vielleicht eine Gelegenheit geboten, bei welcher seine Handlung wenigstens nicht so ersichtlich und unmittelbar auf ihn zurückgefallen wäre, wie in der von ihm begangenen.

Nachdem wir gesehen haben, auf welche Art Ranvier sich das Gebiet der frischen Objecte zur tabula rasa zu machen versuchte, bleibt zu berichten, was er auf demselben vorzubringen hatte. Es ist dargestellt a. a. O. T. II Pl. VIII durch Fig. 1, welche ein ausgesucht einfaches Geäst am Ende eines markhaltigen Nerven in einer Muskelfaser der Eidechse zeigt. Anzuerkennen ist daran die Technik des Lithographen, dem es recht gut gelungen ist, eine Zeichnung, wie man sie etwa mit dem Wischer macht, wiederzugeben und der auch sehr hübsch durch Aussparen zur Seite der Geweihäste den Anblick der lichteren Ränder des Gebildes darzustellen gewusst hat. Dagegen sind die Aeste dieses Geweihs von einer Magerkeit, welche beweist, dass der Beobachter das ihm wirklich vorgelegte Object nicht ganz erfasst hat: wie ihm die Granulosa der Sohle entging, welche in diesem Falle sichtbar gewesen sein muss, so ist ihm an jedem Geweihaste überall der zweite Contour entgangen und deshalb hat er eine Zeichnung geliefert wie Einer, der einen Kopf darzustellen unternimmt, indem er nur das Gesichtsprofil anlegt und das des Hinterkopfes vergisst. Nur eine Möglichkeit gibt es, durch welche sich diese Abbildung unbeschadet der Treue erklärt, nämlich die, dass der Zeichner die höchste Einstellung wählte; in diesem Falle hätte er aber die Muskelsubstanz in nächster Umgebung des Geweihs nicht mit der Deutlichkeit zeichnen dürfen wie es geschehen ist. Indess ist es eben bei der bildlichen Darstellung der meisten mikroskopischen Objecte unmöglich, mehr als eine grobe Annäherung an das mit einer Einstellung wahrnehmbare zu erreichen und ich mache darum weniger der Zeichnung Vorwürfe, obschon es ein leichtes gewesen wäre, sie durch tiefere Einstellung zu berichtigen, als dem Gebrauche, welchen Ranvier von der Arbeit des Zeichners gemacht hat.

Das Bild soll nämlich beweisen: die Schmalheit der Geweihäste im Leben und ein anderes unmittelbar darunter gestelltes (Fig. 2 a. a. O.), welches dasselbe Präparat nach Einwirkung von 33,3 proc. Alkohol mit wenigstens doppelt so breitem Geäste darstellt, soll die An-

schwellung der Aeste durch dieses Reagens darthun. Zusammengehalten mit den Goldbildern, soweit dieselben Ranvier bekannt gewesen sind, soll es weiter beweisen, dass auch die Goldmethode die Geweihäste dicker und breiter als im lebenden Zustande mache und mit meinen Darstellungen des überlebenden Zustandes verglichen, soll die Ranvier'sche belegen, dass ich statt lebensfrischer nur abgestorbene und in Folge davon geschwollene oder deformirte Geweihe gesehen hätte. Wie unhaltbar dies alles war, würde Ranvier sofort erkannt haben, wenn er das überlebende Stangengeweih des Frosches nur ein einziges Mal gesehen und mit seinem in Fig. 13 S. 338 a. a. O. abgebildeten Goldpräparate vom Frosche, worin die Fasern des typischen Stangengeweihs wenigstens um die Hälfte zu schmal geworden sind, verglichen hätte. Er hätte sich dann überzeugt, dass die Veränderungen des Geweihs gerade die umgekehrten der von ihm angenommenen sind.

Noch auf einem anderen aber wieder ihm entgangenen Wege konnte Ranvier zu derselben, die seinige umstossenden Ueberzeugung gelangen, und zwar, was nicht zu verachten war, durch die Beobachtung der Nervenendigung bei den Säugern. In seinem Traité technique S. 829 Fig. 276 bildet er einen Nervenhügel vom Kaninchen ab, von bedeutender, mehr als ein Drittel des Durchmessers der Muskelfaser betragender Höhe, ein Verhältniss, das auch nach Ranvier's Meinung ein natürliches ist und sich in diesem Falle schon dadurch als ein solches erweist, dass der epilemmale Nerv nicht an der Kuppe, sondern seitlich zum Hügel tritt, so dass die Kuppe nicht durch Zug am Nerven entstanden oder künstlich erhöht sein konnte. Wie soll nun, müssen wir fragen, ein Hügel solcher Höhe von einem so dünnen Geweih wie es Ranvier annimmt, hervorgebracht oder ausgefüllt werden? Auf die Kerne und die Sohle könnte sich Ranvier nicht berufen, denn diese liegen nach ihm niemals unter dem Geweih, sondern daneben; und ebenso wenig würde ihm die Berufung auf das Uebereinanderliegen von Geweihästen, das er, obwohl ohne Beweis, bei den Säugern annimmt, nützen, denn wenn dasselbe auch vorkommen kann, so beschränkt es sich nach Ranvier's eigenen Abbildungen vergoldeter Kaninchengeweihe (a. a. O. S. 295 Fig. 9) auf zwei Lagen, deren Dicke längst nicht

genügen würde, die Nervenhügel zu erfüllen, umsoweniger als man sich jeden goldgefärbten Ast nach Ranvier im Leben wenigstens um die Hälfte schmäler zu denken hätte, als er ihn abbildete.

Alle diese Widersprüche in welche sich Ranvier verwickelte, werden gehoben durch die unbefangene Betrachtung der Objecte. Einmal mit der Profilansicht beschäftigt, brauche ich nur an meine früheren nach lebensfrischen Eidechsenmuskeln gegebenen Abbildungen zu erinnern, welche keinem der gegen die Aufsichtsbilder beliebten Einwände unterliegen und welche über die wesentlich von der Geweihdicke beeinflusste Höhe der Nervenhügel, die auch bei einstöckigen Geweihen eine nicht unbedeutende sein kann, keinen Zweifel lassen. Ich will auch der Liebhaberei für conservirte und gefärbte Objecte entgegenkommen und verweise auf ein solches in Fig. 29 abgebildetes, welches das Profil eines ziemlich gestreckten Geweihs nach Behandlung mit Osmiumsäure von 1 %, Pikrocarmin und starker Essigsäure darstellt. Ausser den Kernen erblickt man in dem langen Hügel Theile des kaum grau tingirten Geweihs, welche dicker sind, als der nicht gerade dünne epilemmale Nerv; und dazu wolle man beachten, dass die gestreckten Geweihe, zu denen das vorliegende gehört, grade die dünnsten Aeste besitzen.

Die ganze Höhe der Nervenhügel auf die Dicke des Geweihs zurückzuführen, ist in diesem Falle erlaubt; es ist dies jedoch meine Absicht nicht für alle Fälle, nämlich nicht für diejenigen, in denen die Sohle dick ist, denn die Meinung Ranvier's, dass es eigentlich gar keine Sohle gebe, ist eben unrichtig und ich werde sogar noch von Nervenhügeln zu berichten haben, in denen die Sohle weitaus den grössten Antheil an der Höhe des Hügels hat.

Von den neuen Abbildungen der frischen Geweihe, die ich zu geben habe, halte ich Fig. 55 für die am besten gelungene, darnach Fig. 54 und 53, weniger Fig. 56.

Fig. 55 darf ich mir erlauben zur Concurrenz mit Ranvier's Fig. 1 auf Taf. VIII seiner Leçons vorzuführen. Sie ist gezeichnet bei recht hoher Einstellung, so dass man von den (übrigens sehr spärlich erkennbaren) Körnchen der Sohlengranulose nichts wahrnimmt. Das Object wurde ohne jeglichen Zusatz in einer sehr flachen feuchten

Kammer mit Hartnack's Oelimmersion II und mit dem Abbe'schen Condensor beleuchtet, beobachtet. Der epilemmale Nerv mit zwei Kernen der Perineuralscheide und einem Kerne der Schwann'schen Scheide ist nur ein Ast des sehr reichen Endbusches, wie auch das gezeichnete Geweih nur eine unbedeutende Ausladung des ganzen nach rechts zu denkenden reich entwickelten lang gestreckten Geweihs repräsentirte. Man sieht einen trüben kleineren Kern des Telolemms und einen grösseren klaren, doppelt contourirten der Sohle, mit Kernkörperchen, der zu ein Drittel etwa unter dem einen Geweihaste versteckt liegt. Vornehmlich ist auf den Gegensatz zu Ranvier's Zeichnung, nämlich auf die Breite der Aeste trotz ihres Ursprungs aus schmalen Wurzeln aufmerksam zu machen. Fig. 56 wurde auf dieselbe Weise erzielt, nur mit dem Unterschiede, dass das Object, welches bei Fig. 55 in kaum zerfaserten Muskelstreifchen bestand, in diesem Falle eine isolirte Muskelfaser war. Im Gegensatze zu diesen immerhin noch dünnästigen Geweihen stellen Fig. 53 und 54 plattenartigere, gelappte Formen dar. Die Bilder mögen für sich selbst sprechen. Erhalten sind sie von in NaCl von 0,5 % zerfaserten Muskeln.

Nach meiner Erfahrung stellen diese ausgesprochen plattenartigen Geweihe noch lange nicht die exquisitesten Formen dieser Art dar. Wohl weiss ich, wie fremd nahezu allen Bearbeitern des Gebietes schon diese Formen erscheinen werden; ich kann aber nicht unterlassen dieselben vorzuführen, um diejenigen, welche die motorische Nervenendigung nur aus Goldbildern kennen, von neuem daran zu mahnen, wie weit sich ihre Vorstellungen über die Form und Grösse des Nervengeweihs von der Wirklichkeit entfernt haben.

Schon lange habe ich in den schmalen Hautmuskeln der Schlangen jenes Object eingeführt, das eigentlich ohne alle Präparation und schädliche Berührung direct und ohne Zusatz der Beobachtung zugänglich ist. Indem ich dieses unübertreffliche Object seit dem Gebrauche der Oelimmersionen immer wieder vornahm und geduldig eine sehr grosse Zahl der kleinen Schlangenmuskeln auf die freilich nicht allzu häufig ganz an der Oberfläche liegenden Nervenhügel absuchte, bin ich zu der Ueberzeugung gekommen, dass diejenigen Geweihe, welche überhaupt den lappenartigen

Charakter haben und nicht zu den ausgestreckten, weiter ausladenden gehören, noch weit enger in einander greifende Lappen besitzen, als die abgebildeten, ja noch breitlappiger sind als das von einem Silberpräparat copirte der Fig. 8 auf Taf. A.

Ich finde nur einen Vergleich, welcher das Ansehen dieser Geweihe genügend bezeichnet, nämlich den mit einem sog. Geduldspiele. An einer umschriebenen Stelle der Muskelfaser sieht man dasselbe System buchtiger Fugen wie an jenem Kinderspiele, oder wenn man es mit einem Objecte der Anatomie vergleichen will, etwas, das im Grossen einem Haufen dicht zusammengedrängter, unter einer Glasplatte gepresster Därme ähnlich sehen würde. Hie und da in den Fugen liegen, deren Verlaufe folgend, Reihen oder Züge feiner Körnchen, der Sohlengranulosa, die sich zwischen den Geweihlappen bis zum Telolemm empordrängen; ausserdem bemerkt man in ziemlicher Ausdehnung nichts als höchstens die schattenartige Figur eines Telolemmkerns; besonders keine Sohlenkerne, von denen nur am Umfange des ganzen Gebildes oder in grösseren Lücken, welche den Kuchen in einzelne Portionen theilen, einer einmal ein wenig hervorschaut. Ich wage nicht diese letzteren Geweihe abzubilden und muss es bei der Beschreibung bewenden lassen.

Dieser uns jetzt viele Male vorgekommene Anblick genügt mir zu der Ueberzeugung, dass wir uns die Geweihäste im Zustande vollkommenster physiologischer Ruhe und Erhaltung aller Lebenseigenschaften am breitesten vorzustellen haben, unbeschadet der Thatsache, dass eine beträchtliche Zahl von Geweihen vorkommt, welche schmalästig und sperrig genug geformt sind, um an ihnen auch in dem breitesten Zustande, der daran möglich ist, keine solche Convolute wie die erwähnten Geduldspielformen aufkommen zu lassen.

Dass die Geweihe im höchsten Grade veränderlich seien, wird seit meinen Beschreibungen der mit Tropfen-, Kugel- und Schlierenbildungen beim Absterben oder durch die geringsten schädlichen Zusätze endenden Veränderungen von Niemandem mehr bezweifelt. Dies sind sichtbare Vorgänge und allerdings solche, die mit den physiologischen kaum in Verbindung zu bringen sind. Den letzteren näher stehen schon die, wie man weiss, im Lebenden bei unterhaltener Athmung und Blutcirculation restituirbaren Veränderungen

durch Curare, welche nach meinen Beobachtungen auch eine sichtbare Veränderung der Lichtbrechung des Geweihs oder des Verhältnisses der Lichtbrechung des Geweihs und seiner Umgebung, noch von einer Volumenveränderung der Aeste, wie es mir jetzt wahrscheinlich ist, begleitet, herbeiführen. Soll man nun voraussetzen, dass die wechselnden physiologischen Zustände, zunächst nur der Ruhe und Erregung, bei denen doch die chemische Zusammensetzung des Axencylinders mit wechselt, durchaus keine Aenderungen des optischen Verhaltens bedingen, so dass wir für alle Zeiten darauf verzichten müssten, einen mikroskopisch erkennbaren Ausdruck für diese Zustände zu finden? Das meine ich, sollte man wenigstens nicht voraussetzen; sondern an Stelle einer so unfruchtbaren Annahme eher das Gegentheil, das wenigstens den Vorzug hätte, zu Untersuchungen anzuregen.

Wer gewohnt ist, gute Präparate frischer, zuckungsfähiger Muskelfasern zu betrachten, muss sich immer wieder die Frage vorlegen, weshalb man eine so grosse Zahl von Fasern vor sich haben kann, an denen man den Nervenzutritt in der Aufsicht vor sich hat, und woran alle übrigen Bedingungen, wie die der Erschlaffung, des Unverletztseins und der Klarheit der Muskelsubstanz erfüllt sind, ohne dass man von dem Geweih auch nur das geringste zu erkennen vermag. Ich rede hier ausdrücklich von der Aufsicht, worunter ich noch den Umstand begreife, dass das Geweih sich an der oberen, dem Beschauer zugewendeten Fläche der Muskelfaser befinde, und nicht von Profilbildern, in denen ja ohne Ausnahme Antheile des Geweihs zu erkennen sind; ferner von lauter Objecten, in denen es, falls nicht Absterben erfolgt, kaum andere Differenzen geben kann, als physiologische. Findet man nun unter solchen Umständen die Nervengeweihe bald sichtbar, bald nicht oder nur theilweise erkennbar, so spricht dies schon für optische, mit den physiologischen Zuständen zusammenhängende Differenzen.

Da man zunächst nicht wissen kann, welche physiologischen Zustände diesen optischen Differenzen zu Grunde liegen, so habe ich vorerst das Eine festzustellen gesucht, ob sichtbare Veränderungen mit den Zuständen der Ruhe oder der Schonung und mit denen der Erregung verknüpft seien. Eine Schwierigkeit lag dabei einer-

seits in der Contraction und Formveränderung der Muskelfaser, andererseits in den chemischen Veränderungen, welche dieselbe durch die eigene Thätigkeit erleidet, wenn der zutretende Nerv erregt wird. Das erstere verdiente einmal Gegenstand einer besonderen Untersuchung zu werden, da es an sich schon von grossem Interesse sein wird, zu wissen, wie sich das Nervengeweih der Verkürzung und Verdickung der Muskelsubstanz gegenüber verhalte und anpasst. Aus früheren Beobachtungen wusste ich schon, dass die Nervenhügel an contrahirten Fasern mit engster Querstreifung, als gerunzelte Buckel hervortreten und Geweihe mit jabotariger Faltung enthalten und ich habe dies neuerdings wieder gesehen, als ich vom Nerven aus oder direct tetanisirte kleine Muskeln der Eidechse im Tetanus mit Osmiumsäure fixirte. Ich behalte mir hierüber noch weitere Untersuchungen vor, namentlich am Frosche, wo die Sache wegen der gestreckten Beschaffenheit der Stangengeweihe besonderes Interesse hat und die klarsten Aufschlüsse von der Untersuchung zu erwarten sind, wenn es erst eine Methode geben wird, in den im Tetanus fixirten Muskelfasern die hypolemmalen Nervenfasern deutlich genug zur Ansicht zu bringen, was mir einstweilen noch nicht glücken wollte. Man darf darauf gespannt sein, ob die der Muskelaxe parallel verlaufenden hypolemmalen Terminalfasern im Tetanus, zickzackförmig geknickt werden, oder ob sie elastisch genug sind um selber an der Verkürzung und an der Verlängerung Theil zu nehmen. Was ich bis jetzt an den Osmiumpräparaten zu sehen vermochte, spricht für eine Schlängelung mit kurzen darmartigen Einknickungen. Goldpräparate könnten hierüber nur Aufschluss geben, wenn sie nach Ewald's Verfahren ohne Quellung hergestellt würden, denn die mit Ameisensäure oder nach der Golgi'schen Methode erhaltenen sind, wenn nicht gequollen, so doch immer in dem Zustande, dass man schon wegen der Breite der Querstreifen die Muskelsubstanz für weit entfernt von dem contrahirten Zustande erklären muss. Dass Muskelfasern, deren Nerven lange gereizt worden, sei es durch elektrisches Tetanisiren oder durch mässige, aber von anhaltendem Tetanus begleitete Strychninwirkung, im allgemeinen schärfer contourirte Geweihe zeigen, habe ich schon in früheren Publicationen gelegentlich angeführt und ist mir seit langer

Zeit bekannt. Ich glaubte auch nicht zu irren, indem ich dies auf die Neigung der Muskelsubstanz, durch den Tetanus sauer zu werden oder auf das schnellere Absterben der Nervenenden zurückführte. Immerhin wird eine Abbildung, welche diese Aenderungen des Geweihes wiedergibt, willkommen sein. Fig. 57 stellt dieselben dar. Das Geweih erscheint etwas dunkler als sonst beim Absterben und wolkig getrübt. Sieht man sich die Trübung genauer an, so ist kaum zu übersehen, dass sie eine mehr centrale oder axiale ist und entschieden an die durch Gold sichtbar zu machenden Axialbäume erinnert. Ich möchte daraus auf Sonderung der Fibrillen vom Stroma schliessen, und zwar in der besonderen Weise, dass nicht die viel unregelmässigere Aggregation der Fibrillen zum sog. federseelenartigen Gerinnsel, sondern eine compactere axiale Masse ohne Vacuolen und Maschen entsteht. Jedenfalls ist das Bild ein eigenthümliches und durchaus verschieden von dem gewöhnlichen cadaverösen, das sich durch Absterben ohne Reizung entwickelt, bei welchem das Geweih stets schmäler wird und Abschnürungen unter Kugel- und Tropfenbildung erleidet.

Um die Nervengeweihe ohne die Muskeln zu reizen, habe ich Curarevergiftung verwendet. Bekanntlich hat man gute Gründe anzunehmen, dass der Erregungsvorgang in den Nerven noch fortgeleitet wird und bis zu den äussersten Enden der motorischen Fasern dringt, in einem Stadium der Curarewirkung, in welchem längst keine Muskelcontraction mehr durch Nervenreizung erzielt wird. Meine Versuche[1]) über die locale Erregbarkeit der nervenreichen, nervenärmeren und nervenlosen Strecken des Froschsartorius, bei denen sich ergab, dass das Curare die Erregbarkeit aller nervenhaltigen Strecken zwar herabsetzt aber die vom relativen Nervenreichthum einerseits, von der Nervenhaltigkeit und Nervenlosigkeit andererseits abhängigen Differenzen keineswegs verwischt, sind zwar von C. Sachs[2]) bestritten worden, aber ganz mit Unrecht. Sachs, der die Differenzen nach der Vergiftung nicht wieder finden konnte, meinte, ich hätte das Stadium der Wirkungslosigkeit des Nervenstammes nicht abgewartet und mich durch den Versuch am Nerven-

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1860, S. 477.

2) Ibid. 1874 S. 57.

stamme nicht vorher überzeugt, dass die Lähmung vollständig geworden. Ich habe indess in meiner Arbeit ausdrücklich angegeben, dass ich diese Controle in keinem Falle unterliess, wie es ja selbstverständlich war, da jeder anders angestellte Versuch einfach sinnlos gewesen wäre. Eine Wiederholung meiner ehemaligen Versuche mit den jetzigen sehr vervollkommneten Hilfsmitteln, die Herr Pollitzer in meinem Laboratorium kürzlich vorgenommen hat, und über welche derselbe noch in einer besonderen Abhandlung berichten wird[1]), hat endlich die vollkommenste Bestätigung der früheren Resultate geliefert und diese noch wesentlich befestigt, indem Herr Pollitzer die locale Erregbarkeit des M. Sartorius in erstaunlicher Uebereinstimmung mit der jetzt durch Mays' Untersuchungen viel genauer bekannten Nervenverbreitung dieses Muskels fand.

Demnach war zu erwarten, dass man Nervenendgeweihe noch von den Stämmen aus reizen könne, wo der Muskel nicht mehr darauf reagirte. Um dies zu erreichen, habe ich Eidechsen mit möglichst kleinen Dosen Curare vergiftet und im Beginne der Lähmung die Reizung am N. ischiadicus vorgenommen oder vom Rückenmarke aus durch mässige Strychninvergiftung. Dem ersteren Verfahren gebe ich, da die zu schildernden Erfolge constanter waren, den Vorzug und ich bemerke dazu noch, dass es dabei vornehmlich auf den richtigen Grad der Curarewirkung ankommt. Es schadet nichts, wenn die Vergiftung so schwach ist, dass starkes Tetanisiren des Nerven mit Inductionsschlägen im Anfange noch schwache wogende Bewegungen im Unterschenkel erzeugt, denn dieselben hören nach wenigen Wiederholungen der Reizung auf. Dagegen habe ich die Veränderung der Geweihe in der Regel nicht gefunden, wenn die Vergiftung nur wenig stärker ausgefallen war. Das Tetanisiren des Nerven hat im Ganzen 30—60 Minuten zu dauern und wird in Pausen von 3—5 Minuten nur minutenlang wiederholt mit allmählicher Verstärkung durch Annäherung der Inductionsrollen. Ob das Bein amputirt ist oder noch vom Kreislaufe versorgt, scheint geringen Einfluss zu haben. Indess wird hierüber noch manches festzustellen bleiben, was augenblicklich zurücktreten darf neben dem merkwürdigen Haupterfolge.

1) In Journal of Physiol. Vol. VII Nr. 3.

Dieser ist ein so in die Augen fallender, dass es des Vergleiches mit den Unterschenkelmuskeln des anderen Beines, den ich zuerst für nöthig hielt und anfangs nicht versäumte, gar nicht bedarf. Um es vorerst kurz zu sagen, handelt es sich um eine so grosse Veränderung in der Lichtbrechung der Geweihe (oder ihrer unmittelbaren Nachbarschaft), dass dieselben in den gänzlich unverändert aussehenden und erregbar gebliebenen Muskelfasern mit der schwachen Vergrösserung von Hartnack's System 5 sogleich zu erkennen sind und nicht vereinzelt sondern in Menge. Nicht anders wie in einem guten Goldpräparate sieht man hier zuweilen in einem Sehfelde Faser für Faser mit den Geweihfiguren versehen und diese meist deutlich genug, um sie ungefähr skizziren zu können.

Da von den normalen oder in gewöhnlicher Weise absterbenden Geweihen mit Hartnack's System 5 gar nichts zu sehen ist, so genügt das Gesagte schon, um die eigenthümliche Veränderung des Geweihes durch die Erregung zu belegen.

Weniger vielleicht imponirt die neue Beschaffenheit des Geweihes, wenn man mit stärkerer Vergrösserung und mit den Oelimmersionen untersucht, und ich befinde mich sogar in einiger Verlegenheit, wie die Veränderung für diesen Fall zu beschreiben sei. Die Verschmälerung der Aeste scheint, wenn überhaupt vorhanden, unbedeutend zu sein und Formveränderungen sind nur in der Beziehung zu constatiren, dass die Contouren weniger wellig, gradliniger, an den Buchten und Biegungen weniger sanft, eckiger geworden sind. Da weder die Granulosa noch die Kerne ein verändertes Aussehen zeigen und die Sohle sich von der Muskelsubstanz nicht anders differenzirt, wie gewöhnlich, so darf man die ausserordentliche Deutlichkeit des Geweihes, welche beiläufig bemerkt, die der durch Maximalvergiftung mit Curare zu erzielenden so sehr übertrifft, dass von einem Vergleiche mit dieser gar nicht zu reden ist, nur einer Veränderung der Lichtbrechung der Geweihsubstanz zuschreiben. Dieselbe ist nur selten durch Trübung charakterisirt, wie ich denn auch nur ausnahmsweise an den gereizten Geweihen Andeutungen des Axialbaumes gesehen habe, sondern wird vielmehr durch verstärkten Glanz bei gewissen Einstellungen kenntlich.

Bei längerem Liegen dieser Objecte in NaCl 0,5 % unter dem

Deckglase pflegen an den Enden der Geweihäste, zum Theil auch an deren Rändern Vacuolen aufzutreten, die sich von den gewöhnlich im Absterben erscheinenden durch längliche und eckigere Formen unterscheiden. Dieselben werden nach und nach zahlreicher und verwischen dann theilweise das Geweih, indem sie auch die Sohlengranulosa verdecken und sich zwischen die Aeste und Lappen des Geweihs lagern; ausserdem setzen sie sich auch als Verlängerungen an die Enden des Geweihes an und erzeugen im Umkreise desselben eigenthümlich blasse blasige Streifen zwischen der Muskelsubstanz und dem Sarkolemm.

Zu dem ungereizten gewöhnlichen Objecte zurückkehrend, habe ich nunmehr der gestreckten hypolemmalen Fasern bei den Amphibien zu gedenken. Das jetzt so bekannte typische Stangengeweih des Frosches, dessen Aussehen in überlebenden Muskeln ich schon 1862 abzubilden vermochte[1]), theilt mit den Geweihen der Reptilien und Säuger die Eigenthümlichkeit in anscheinend gleich frischen Muskelfasern mit sehr ungleicher Deutlichkeit sichtbar zu sein. Aber auch wenn es sichtbar ist, gehört es bekanntlich zu den schwierigsten Objecten des mikroskopischen Erkennens und steht in dieser Hinsicht fast einzig da. Als ein Beweis hierfür kann es angesehen werden, dass eine so grosse Zahl von Beobachtern, welche jahrelang frische Muskelfasern immer wieder darauf untersucht haben, es nicht wieder gesehen haben, obwohl ihnen meine Abbildungen, deren Richtigkeit sie selber zum Theil durch congruente Silber- oder Goldpräparate belegten, vorlagen. Nur Engelmann, Cohnheim und Ewald machen darin eine Ausnahme, die letzteren, da sie unter meinen Augen das Bild zuerst erkannt hatten, während Krause es von 1863 an sechs Jahre vergeblich suchte und erst mit Hilfe der Goldmethode 1869 wieder fand, wie es seine zu dieser Zeit veröffentlichte Abbildung[2]) zeigt. Dies war die erste, obschon stillschweigende Bestätigung, deren sich meine Darstellung durch die Goldmethode zu erfreuen hatte, und sie wurde noch vollkommener durch die 1874

1) Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven von W. Kühne. Leipzig 1862. Taf. II Fig. 8.

2) Vergl. W. Krause, Die motorischen Endplatten u. s. w. Hannover 1869. S. 100.

erschienene hübsche Farbendrucktafel in der unter Virchow's Leitung entstandenen Arbeit von A. Sokolow[1]). Nicht weniger vergeblich als Krause haben sich Kölliker und Rouget, wahrscheinlich auch Ranvier bemüht, die überlebende motorische Nervenendigung des Frosches zu erkennen und ich meinerseits muss hinzufügen, dass ich mich lieber anheischig mache, zehn Nervengeweihe der Eidechse als eines vom Frosche zu demonstriren, so auffallend dies scheinen könnte, da die Geweihe in Nervenhügeln von Anderen noch niemals ganz conform mit meinen Angaben nach frischen Objecten wieder erkannt worden sind. Bezüglich des letzteren Punktes ist aber nicht zu vergessen, dass die verschlungenen Geweihe mit gekrümmten Aesten durch die Nachbarschaft der protoplasmatischen kernhaltigen Anhäufungen, nämlich der Sohle, welche bei den typischen Stangengeweihen nicht vorkommen, obgleich leichter kenntlich, doch wegen ihrer verwickelten Formen schwieriger zu entwirren sind, als die zwar nur von Muskelsubstanz umrahmten, aber einfacher gestalteten Fasern des Endgeweihes vom Frosch.

Wie klar nun das Stangengeweih, namentlich bei Betrachtung mit Oelimmersionen auch zum Vorschein kommen kann, so vermisst man es doch an manchen Muskelfasern, deren Oberfläche dem Beschauer zugekehrt den epilemmalen Endbusch mit allen seinen Einsenkungen ins Telolemm zeigt, gänzlich, oder findet es höchstens angedeutet durch die zugehörigen Endknospen. Da in diesem Objecte nicht wie bei den Reptilien, Geweihäste so eng an einander liegen können, dass deren Ränder unsichtbar würden und da auch keine Sohle vorhanden ist, deren Granulosa sich etwa in einer für die Unterscheidung des Geweihs ungünstigen Weise optisch verändern oder störend vertheilen könnte, so wird unsere früher erörterte Ansicht, dass die Geweihäste in verschiedenen physiologischen Zuständen eine innere, an ihrer Lichtbrechung bemerkbare Veränderung erfahren, um vieles wahrscheinlicher.

Hierzu kommt noch eine Reihe von Erfahrungen, welche ich an den Geweihen der Amphibien gemacht habe. Die erste und wichtigste darunter besteht in dem Auftreten fibrillärer Streifungen.

1) Archives de Physiol. norm. et pathol. 2^d sér. T. I. p. 300.

Dass die hypolemmalen Axencylinder beim Frosche gelegentlich wie geflammt aussehen, war mir schon länger bekannt, ich habe aber mit den Oelimmersionen jetzt wiederholt so deutliche Fibrillenzüge darin erkannt und im Absterben Dehiscenzen des Fibrillenstranges an einzelnen Stellen entstehen sehen, dass ich an der Gemeinsamkeit des Baues der epi- und hypolemmalen Axencylinder nicht mehr zweifeln kann und die schon gegebene Erklärung des Entstehens der Axialkrume in den Goldpräparaten damit weiter zu befestigen vermag. Am meisten eignen sich zu dieser Beobachtung die durch ihre Grösse ausgezeichneten, vorzugsweise im M. Sternoradialis zu findenden Geweihe mit sehr dicken oft darmartig geschläugelten Aesten, welche vorwiegend als Endigungen der schon erwähnten Riesennervenfasern vorkommen. In diesen ist die fibrilläre Strichelung zwar weniger gut, meist nur in kurzen Strecken auftauchend zu sehen, um so besser dagegen häufig eine deutliche Absonderung von Inhaltsmassen unter reichlicher Vacuolenbildung, ähnlich derjenigen in absterbenden oder gereizten markhaltigen Fasern der überlebenden Nickhaut. Zuweilen bilden sich die Vacuolen in solcher Menge, dass sie sich in Reihen anordnen und gegen einander abplatten, wobei sie den Geweihast zu einem von Blasen gebildeten Zuge umgestalten, ohne übrigens dessen Randcontouren wesentlich zu beeinflussen.

An den Geweihen der Reptilien habe ich von diesen Erscheinungen bisher nur schwache Andeutungen gesehen, denn die an denselben vorkommende Blasenbildung ist anderer Art, da sie das Geweih an den Rändern deformirt und was das wichtige Auftreten fibrillärer Zeichnungen betrifft, so ist dieselbe bei den Reptilien während der Entstehung axialer Aggregate kaum zu bemerken. Immerhin darf man aber annehmen, dass diese Differenzen nur graduelle seien.

Am leichtesten unterliegen die Geweihäste des Salamanders und der Tritonen Veränderungen und gewiss steht dies im Zusammenhange mit der nicht nur durch Vergoldung sondern auch beim Versilbern kaum vermeidlichen Bildung von Perlschnurformen. Nur ganz ausnahmsweise habe ich, wie es Fig. 52 links darstellt, kurze Strecken des hypolemmalen Nerven beim Salamander in toto ohne Sonderung und Zusammenballen der Axialkrume erhalten

Wie leicht und in welcher Weise diese Geweihäste der Umwandlung unterliegen, erwähnte ich schon in meiner 1879 erschienenen Abhandlung [1]), wo ich die Einschnürungen der im besterhaltenen Zustande recht dicken Terminalfasern auch abgebildet habe und da die Veränderung überaus schnell erfolgt und bald in dem Grade zunimmt, dass statt der Fasern nur noch Reihen höchst blasser Vacuolen übrig bleiben, so wird es begreiflich, dass die Salamandermuskeln ein noch schwieriger zu untersuchendes Object bilden als die des Frosches. Wer die Sache kennt, wird an den im Profile der Faser sich folgenden, das Sarkolemm in Buckeln auftreibenden Blasen wohl die Nervenendigung erkennen und sich durch Vergoldung nachher darüber vergewissern können; andere Beobachter würde man aber mit solchen Präparaten vor der Goldfärbung schwerlich überzeugen, dass darin überhaupt Nervenenden enthalten seien.

Wodurch die Unterschiede der Veränderungen des Nervengeweihes bei den verschiedenen Thierklassen bedingt werden, darüber sind zur Zeit nur Vermuthungen möglich. Die meinige ist die, dass sie zum Theil beruhen auf dem Massenverhältnisse des Stroma zu den Fibrillen. Je mehr Zwischensubstanz sich bei den Fibrillen befindet, um so besser scheint mir, müssen die letzteren zum Vorschein kommen, um so eher gestrichelte Zeichnungen auftreten und da doch wohl das Stroma der Sitz der Vacuolenbildung ist oder die Vacuolen selber das von den aggregirten Fibrillen herausgedrängte Stroma darstellen, so würde ein relativ fibrillenarmes Geweih die stärkste Deformation erleiden, wie z. B. beim Salamander. Ausserdem könnte auch die Anordnung der Fibrillen eine recht verschiedene sein, an den gestreckten Geweihen, wie es der geflammten Strichelung entsprechen würde, eine parallelfaserige, etwa der der Sehnenfibrillen gleichend, in den verschlungenen Geweihen mit Durchkreuzungen und Brückenbildungen, mehr den collagenen Fibrillen des ungeordneten Bindegewebes vergleichbar, was auch die schwierigere Erkennung in diesem Falle erklärlich machen würde. Ich habe viel Mühe darauf verwendet, mittelst der von Hans Schultze an-

1) Untersuchungen an dem physiol. Institut zu Heidelberg Bd. 3 S. 117 u. f. Taf. I Fig. 16 A u. B.

gegebenen Reagentien, namentlich mit Silbernitrat die fibrilläre Zeichnung an den Endgeweihen deutlicher zu erhalten, bis jetzt aber an unserem Objecte, wo die Unterlage der Muskelsubstanz diesen Beobachtungen so grosse Hindernisse bereitet, ohne Erfolg. Vielleicht wird es noch eine der wichtigsten Fragen werden, wie die Fibrillen in den Geweihästen enden, ob einfach mit und in denselben bis ans Ende verlaufend oder unter allmählicher Abzweigung und auch im Verlaufe der Aeste gegen deren Ränder gewendet und ausstrahlend.

III.
Atypische Geweihe.

Während bei den Amphibien die selteneren Geweihe mit gekrümmten oder geschlängelten, auch mit Läppchen besetzten Aesten den Stangengeweihen gegenüber als atypisch zu bezeichnen sind, wird man bei den Reptilien und Säugern umgekehrt den gestreckten und glatten Formen diese Bezeichnung geben müssen. Zufällig war das erste Nervengeweih, das ich 1864 bei der Eidechse auffand, ein atypisches, so dass ich, schon geneigt, die Endigung derjenigen in den Froschmuskeln für sehr ähnlich zu halten, um so mehr überrascht war, als ich im Laufe derselben Untersuchung [1]) kurz darauf das labyrinthische Plattengeweih in den Nervenhügeln gewahrte. In den letzten Jahren habe ich während des Durchsuchens von Tausenden vergoldeter Endgeweihe der Säuger erfahren, dass auch in dieser Thierklasse, obgleich sehr selten (ich möchte glauben 1 : 1000 höchstens) in den Extremitäten und Intercostalmuskeln, die ich vorwiegend verwendete, atypische gestreckte Geweihe vorkommen und zwar beim Kaninchen selbst annähernd von der Gestalt der Stangengeweihe des Frosches.

Beim Frosche sind die atypischen Geweihe zuerst W. Krause [2]) als eine der Gaben der Cohnheim'schen Goldmethode zugefallen, später in ihrer ganzen Mannichfaltigkeit unter Waldeyer's Leitung von Bremer wiedergefunden. Der letztere fand auch die von ihm zum Theil als doldenförmig bezeichneten Formen, und belegte dieselben mit zahlreichen Abbildungen, deren Richtigkeit ich durchweg

1) Virchow's Archiv Bd. 29 S. 433.

2) Vergl. dessen Fig. 53 u. 54 S. 98 u. 99 a. a. O.

bestätigen kann. In diese Mannichfaltigkeit wird die Zukunft erst Ordnung zu bringen haben, der auch die Aufklärung des merkwürdigen Umstandes vorbehalten bleibt, weshalb die atypischen Geweihe vorwiegend an den Zungen, Kiefern und Brustmuskeln (mit Ausnahme des Brusthautmuskels) und ziemlich selten in den übrigen Muskeln, namentlich in den grösseren der unteren Extremitäten vorkommen.

Bis jetzt sind drei Arten der Abweichungen zu charakterisiren: 1. die Modificirung der Stangengeweihe durch Vorspriessen kleiner Bündel und Läppchen seitlich aus den Parallelfasern und durch das Auftreten von hakenförmigen, zurückrankenden Aesten; 2. die mit diesen verwandten durch Feinheit und Annahme der Perlschnurformen in Folge der Goldwirkung an die Endigung beim Salamander und bei den Tritonen erinnernden Geweihe; 3. ebenfalls leicht Perlschnüre bildende, aber reich und kurz verästelte, auch mit „Enddolden" versehene Verzweigungen sehr schmaler Fasern mit feinen Spitzchen, welche nach Bremer sogar in Längsstreifen der Sarkoglia continuirlich übergehen sollen. Die letzteren halte ich für unentwickelte, wenn man will, embryonale Formen.

In der Umgebung dieser atypischen Geweihe fällt die Anwesenheit einer zwar dünnen, aber an vielen Stellen ganz deutlichen Ansammlung körniger Substanz mit grossen, denen des Muskels gleichenden Kernen auf, welche der spärlichen und vielfach unterbrochenen Sohle, die ich ehemals bei den atypischen Geweihen der Reptilien beschrieb, in jeder Hinsicht und auch darin gleicht, dass die Kerne breiter und kürzer als die Muskelkerne sind und mit der längeren Axe vielfach einen Winkel zur Muskelfaseraxe bilden. Ich kann mit Bremer darin übereinstimmen, dass dies als Sohle aufzufassen sei und weiche nur darin von ihm ab, dass ich dieselbe nur an den atypischen Geweihen, niemals an den Stangengeweihen in Gestalt solcher Anhäufungen und mit den nach Form und Richtung charakteristischen Kernen fand und finde. Soweit meine Erfahrung reicht, sehe ich wie Bremer die Sohle beim Frosche sich auch nur selten unter die Geweihäste erstrecken, sondern wesentlich neben den letzteren. Je geringer die Abweichung vom gewöhnlichen Stangengeweih ist, desto weniger Sohle gibt es, aber es ist merkwürdig zu sehen, dass

in der Regel ein charakteristischer Sohlenkern zu finden ist, wenn das Geweih nur einen einzigen gekrümmten Ast enthält oder wenn es statt der bajonettartigen eine gerundete Abzweigung besitzt: dann liegt der Kern immer in der Concavität der Krümmung. Am reichsten von Kernen und von Körnchen einer Granulosa umgeben sind die unter 3. genannten (embryonalen?) Formen.

IV.

Sohle und Kerne.

Die Granulosa mit den Kernen, diese den Nervenhügel zu einem so grossen Theile erfüllende Masse, welche nach Doyère's Entdeckung des motorischen Nervenansatzes bei Milnesium tardigradum für das eigentliche Nervenende gehalten, dann von mir bei den Insecten unter dem Sarkolemm, von Rouget und Engelmann auch bei den Wirbelthieren gefunden wurde und uns allen so lange für die directe und continuirliche Fortsetzung des Axencylinders galt, bis ich an den von Rouget für diese Untersuchungen eingeführten Eidechsenmuskeln die wahre Endplatte (das Geweih) auffand, hat bekanntlich den jetzt eingebürgerten Namen der Sohle erhalten. Dass sie den Namen verdiene, wurde von Ranvier und einigen, die ihm folgten, bezweifelt, wie ich fürchte, weil es Ranvier entging, dass seine Beschreibung der Sohle sich mit der meinigen mit Ausnahme eines einzigen Details, worin er irrte, vollkommen deckte. In den Leçons S. 324 sagt er, die Sohle (er nennt sie substance fondamentale auch s. granuleuse) überrage zum Theil das Geweih, liege auch zwischen dessen Aesten, sei nicht continuirlich und gestatte deshalb dem Geweih, die Muskelsubstanz an einigen Stellen fast direct zu berühren, womit zugleich gesagt ist, dass sie diese Berührung an anderen Stellen nicht gestatte, folglich dort wenigstens unter dem Geweih liege. Dies ist genau das, was ich von der Sohle vor Ranvier gefunden und angegeben hatte[1]), auch bezüglich des letzteren Punktes, der mich grade bestimmte, den Namen Sohle zu wählen; diesen zu bemängeln, wäre also Wortstreit. Auf den anderen Umstand, dass die Sohle nicht continuirlich sei, habe ich sogar besonderen

1) Virchow's Archiv Bd. 29 u. 30 a. a. O.

Werth gelegt und legen müssen, weil das Gegentheil gehiessen hätte, es schiebe sich eine besondere Substanz wie ein Hinderniss zwischen Geweih und Muskel, wogegen von der Physiologie, wie ich sogleich bemerkte, ein veto zu erwarten war. Eingehende Untersuchungen hatten mich berechtigt, die Existenz von Sohlenlücken unter dem Geweih zu behaupten und ich habe mich dabei schon auf in Osmiumsäure erhärtete Querschnitte der Nervenhügel von Eidechsenmuskeln berufen dürfen in einer Mittheilung S. 414 im 34. Bande von Virchow's Archiv, worin ein solcher Querschnitt auch abgebildet ist, was alles Ranvier nach seiner Schilderung über die Herstellung und das Aussehen ebensolcher Durchschnitte (a. a. O. S. 309) zu urtheilen, ebenfalls entgangen sein muss. So bleibt zwischen ihm und mir nur eine Differenz und diese betrifft die Sohlenkerne, welche Ranvier ausschliesslich neben die Geweihäste verlegt, während ich sie zum Theil unter denselben fand.

Vorauszuschicken ist hier, dass unsere neueren Untersuchungen an der Zungenmuskulatur der Eidechse[1]) Nervenhügel kennen gelehrt haben, welche sehr hohe lückenlose Sohlen enthalten, die das ganze Geweih von der Muskelsubstanz vollkommen trennen, was die Sachlage principiell ändert. Um so mehr aber halte ich an der früheren Darstellung für die Skeletmuskeln der Reptilien fest, und ich darf mich dabei zu meiner Freude auch auf Ranvier berufen, der in Wahrheit nur bestätigte, wie wir sahen, was er zu widerlegen glaubte.

Ueber das Vorkommen der Sohlenkerne unter dem Geweih wird man sich wohl ebenso leicht verständigen können, wie über das der Granulosa in derselben Ausdehnung. Manche, welche an dieser in allen Reptilien- und Säugermuskeln vorhandenen Anordnung noch zweifelten, brauchen wir nur auf ihre eigenen Zeichnungen von Goldpräparaten aufmerksam zu machen, denn wie viele solcher Abbildungen gibt es nicht, in denen das Geweih, weil davon nur der Axialbaum gesehen worden, kaum 1/4 seiner natürlichen Breite hat und dies bei Autoren, welche die Granulosa bis hart an die Geweihränder gehen lassen! Da muss doch die Granulosa um 3/4 unter das Geweih reichen, wenn sie nicht darüber liegt, was keiner be-

1) Verhandl. des Naturhist. med. Vereins zu Heidelberg N. F. Bd. 3 S. 240.

hauptete! Aehnlich ist es mit den Sohlenkernen, denn wenn dieselben an Goldpräparaten nur genügend sichtbar sind, z. B. an hellen Stellen in der gefärbten Granulosa, so sieht man sie häufig genug nur zum kleinsten Theile neben dem Geweih herausragen, während sie mit dem anderen unter diesem liegen müssen; und wenn dies nicht genügt, so dürfen wir auf die nach der modificirten Golgi'schen Methode erhaltenen Objecte (vergl. Fig. 5 Taf. A) verweisen mit ungefärbter Granulosa und strohgelber Muskelsubstanz, wo manche Kerne mit Membran und grossen Kernkörperchen von dem dunklen Geweih einfach überkreuzt zu sehen sind. Die Querschnitte vergoldeter Nervenhügel endlich erheben dieses Verhältniss über jeden Zweifel, in den Abbildungen Fig. 32, 33, 37, 38 besser als es sich sagen lässt.

Es ist ein besonderer Grund, der uns veranlasst auf dieses dem Anscheine nach im Augenblicke ziemlich uninteressante Lagenverhältniss einzugehen. Abgesehen von der Bedeutung, welches dasselbe in genetischer Beziehung sehr wahrscheinlich noch gewinnen wird, ist es nämlich von Wichtigkeit für das optische Verhalten des Geweihes. Nach Ranvier, der die Kerne nur neben dem Geweih kennt, sollen dieselben an überlebenden Muskelfasern in der Aufsicht (im Profil der Muskelfaser sind die in der richtigen Ebene befindlichen Kerne grösstentheils sogleich zu erkennen) unsichtbar, höchstens an einem Schimmer ihrer grossen Kernkörperchen dem Orte nach zu bezeichnen sein. Dies ist in der Ausdehnung und Allgemeinheit, in der es behauptet worden, unrichtig, besonders soweit es sich auf die Kerne bezieht, welche wirklich vom Geweih nicht bedeckt werden. Blass und schwer zu erkennen sind diese Kerne allerdings häufig, manche erheblich schwieriger als z. B. die bekannten ganz oberflächlich, direct unter dem Sarkolemm liegenden Muskelkerne und ohne Zweifel werden die Kerne deutlicher im Absterben, besonders wenn sie, was sehr leicht geschieht, ein wenig zusammenfallen oder Beulen bekommen wie ein eingedrückter Hut; ich habe mich aber ganz objectiv überzeugt, dass nicht nur der Ort, wo sie liegen, durch das Kernkörperchen in lebensfrischen „ohne Zusatz" untersuchten Muskelfasern zu erkennen ist, sondern auch ihre Grösse, Gestalt und Orientierung. Zu dem Ende liess ich mir von den beiden Sohlenkernen in Fig. 58,

die ich soeben aufgefunden und mit dem Zeichenprisma schleunigst skizzirt hatte, durch die Herren Prof. Ewald und Dr. Mays die Lage der langen Kernaxen zur Muskelaxe bezeichnen, was nur durch Erfassung des Kerncontours möglich war, ebenso die Lage der Kerne zu dem sichtbaren Theile des Geweihs und es ergab sich darauf unter uns Dreien eine so vollkommene Uebereinstimmung, dass ich fortan meinen weiteren Beobachtungen und Abbildungen trauen durfte. Unterschiede mögen in Hinsicht auf die optische Differenzirung der Kerne von der Granulosa vorkommen und sich sogar an demselben Objecte noch vor dem Absterben bald in dem einen, bald in dem anderen Sinne hin und her schwankend entwickeln, und ich möchte sogar keine Garantie leisten, dass nicht die Lage der Kerne in der Granulosa unter physiologischen Verhältnissen sich ändere, selbst ohne Contraction der Muskelfaser; dessen bin ich aber sicher, dass ich von den elf Sohlenkernen in Fig. 2 Pl. VIII von Ranvier eine ziemliche Anzahl gesehen hätte, als das Object noch in dem durch Fig. 1 a. a. O. dargestellten frischen Zustande war, wo Ranvier auch nicht einen dieser Kerne zeichnen liess.

Im Gegensatze hierzu werden durch das Geweih, so blass es ist und so durchsichtig es scheint, die Sohlenkerne, welche ganz oder theilweise darunter liegen, dem entsprechend oder selbst vollständig verdeckt. Ich habe diesen Umstand von Anfang an bemerkt und in meinen Abbildungen immer berücksichtigt, möchte aber nicht behaupten, dass es ausnahmslos so sei, denn wenn mich die Erinnerung nicht täuscht, kommt es vor, dass man von dem Kernreichthum frischer Präparate und von der gleichmässigen Vertheilung der Kerne sehr überrascht wird in Fällen, wo man mit aller Mühe von dem Geweih wenig oder gar nichts sieht. Gewöhnlich ist es allerdings umgekehrt, indem ein Theil der Kerne erst zum Vorschein kommt, zunächst nach sichtlicher Formveränderung des Geweihes; Fig. 60 A und B stellen einen solchen unter dem Zeichenprisma verfolgten Fall vor. Bei A verdeckt der breite Geweihlappen Alles bis auf einen kleinen Hof der Granulosa, während bei Fig. 60 B, die etwa eine halbe Stunde später gezeichnet wurde, der jetzt mit einer Bucht versehene Lappen einen dadurch grösstentheils entblössten klaren Kern mit Kernkörperchen und doppeltem Contour erkennen lässt ebenso die Fort-

setzung der Granulosa zu dessen beiden Seiten. Wie vollständig das Geweih die Kerne verwischt, erkennt man auch hier, an der mit keiner Einstellung zu erfassenden Fortsetzung des von dem Geweih noch verdeckt gebliebenen Theiles des Kernrandes, etwas, das man an jedem völlig frischen Präparate bei den nur theilweise verdeckten Kernen übrigens ebenso gut feststellen kann. Grade durch das letztere Verhalten werden die Kerne zu einem ausgezeichneten Hilfsmittel beim ersten Aufsuchen der Geweihcontouren, die natürlich immer da liegen, wo ein Kern wie abgeschnitten aussieht und wer sich dadurch einmal leiten lassen will, wird sich an hinreichend kernig besohlten Geweihen bald von der Figur und Breite der Geweihäste überzeugen, denn dass ein überhaupt sichtbarer Kern aus anderem Grunde als dem genannten nur theilweise sichtbar gewesen wäre, ist mir bis heute nicht vorgekommen.

Welche Aufmerksamkeit und Sorgfalt dazu gehöre, in überlebenden Objecten der verschiedensten Art enthaltene Kerne sämmtlich zu erfassen, lehrt jedes gehörig auf Kerne tingirte Präparat und die bekannte Erfahrung, dass man schon sehr sorgfältig und unter starkem Spiel der Mikrometerschraube gezeichnet haben muss, wenn man durch eine nachträglich vorgenommene Kernfärbung nicht stark und fast beschämend überrascht werden will. Ich habe deshalb die Untersuchung kerngefärbter Nervmuskelpräparate nicht unterlassen, wie wenig daran auch von den Geweihen zu sehen sein mochte. Die besten Dienste haben mir dabei Ranvier's Osmiumcarmin-Methoden und die Behandlung in Müller'scher Flüssigkeit, auch in Alkohol erhärteter Eidechsenmuskeln mit Bismarckbraun, namentlich aber mit Hämatoxylin geleistet. In dem letzteren Falle fand ich es zweckmässig, die Objecte während der allmählichen Entfärbung durch äusserst verdünnte Ameisen- oder Essigsäure zu beobachten, wobei es ein Stadium gibt, in welchem die Muskelfaser schmutziggelb, die Kerne ohne Ausnahme violett aussehen. In diesem Stadium sind die Kerne des Telolemms und der Perineuralscheide, auch der Schwann-schen Scheide am tiefsten gefärbt und zwar in Folge der Fixirung des Pigments durch den in stärkster Färbung sichtbar werdenden krausen Fadenknäuel, den sie enthalten. An den Sohlenkernen ist hiervon nichts zu sehen, sondern diese enthalten nur einen, das

Kernkörperchen einschliessenden, fast homogenen, hell violetten, von der doppeltcontourirten Kernmembran, mit Ausnahme von einer oder zwei gewöhnlich am Ende der langen Axe sich gegenüberliegenden Punkten ringsum abgelösten Klumpen. Die Unterscheidung ist demnach leicht. Eine dritte Art von Kernen habe ich nicht zu unterscheiden vermocht, so wenig wie Ranvier, der aber doch drei Arten annimmt, nämlich ausser den Sohlenkernen und Telolemmkernen („noyaux vaginaux") noch Geweihkerne, indem er die beiden letzteren meint durch ihre Lage unterscheiden zu können. Ich kann mich dieser Auffassung nicht anschliessen. Nach Ranvier würden Geweihkerne der Fortsetzung der Schwann'schen Scheide (unseres Endolemm), unsere Telolemmkerne, genauer Epilemmkerne, der Fortsetzung der Perineuralscheide (unserem Epilemm) angehören; da ich den Unterschied der Lage von Ranvier's Vaginal- und Geweihkernen durch nichts bewiesen sehe und auch nichts absehe, wie er zur Zeit bewiesen werden könnte, so bin ich ausser Stande dieser Unterscheidung zuzustimmen.

Im Epilemm, unter der äussersten Oberfläche des Telolemms, dem Endolemm zugewendet sind die trüben, tief färbbaren Kerne reichlich zu finden, mindestens so reichlich wie Ranvier seine Geweihkerne (die wir Endolemmkerne nennen müssten) von einem tingirten Präparate abbildet [1]), und zwar in Fällen, wo das Epilemm durch Säurewirkung klebrig, gequollen und emporgebaucht ist, während darunter im Endolemm keine weiteren solchen Kerne zu entdecken sind. Ich meine deshalb die Geweihkerne Ranvier's, auf welche übrigens Cohnheim und Ewald nach Beobachtungen an Silberpräparaten von Eidechsenmuskeln schon hingewiesen hatten, streichen und mit den Epilemmkernen vereinigen zu dürfen. Bei dieser Gelegenheit habe ich auch der abweichenden Ansicht Krause's zu gedenken, besonders deshalb weil ich dieselbe lange missverstanden habe. Nach Krause gibt es am Nervenhügel nur eine Art von Kernen, nämlich die Kerne seiner Bindegewebsmembran. In seinen Abbildungen von frischen Objecten sind die Kerne sämmtlich klar und durchsichtig mit grossen deutlichen Kernkörperchen

1) a. a. O. vergl. T. II Pl. VII Fig. 3.

dargestellt und es unterliegt daher keinem Zweifel, dass er die Sohlenkerne, welchen allein diese Charaktere zukommen, seinen Kernen der Bindegewebsmembran mit zugerechnet hat. In der Meinung, dass ihm die tiefe, zum Muskel gewendete Lage dieser grossen Kerne nicht entgangen sein könne, habe ich geglaubt, dass er die Bindegewebsmembran auch an der Basis des Nervenhügels annehme, also das ganze Gebilde (Krause's Endplatte) von einer geschlossenen Bindegewebsmembran umgeben oder wie in einem Säckchen eingeschlossen denke. Dies war ein Irrthum, in dem ich mich auch noch bei der Abfassung meiner Abhandlung „Ueber die Verbindung der Nervenscheiden mit dem Sarkolemm" in Bd. 19 S. 501 dieser Zeitschrift befunden habe, denn nach Krause ist die Granulosa dem Sarkolemm direct, ohne zwischengeschobene Bindegewebsmembran, aufgelagert und kernfrei und liegen die Kerne, die ich Sohlenkerne nenne (Ranvier's noyaux fondamentaux), sämmtlich oberhalb der Nervenendigung, also im Telolemm, was freilich Niemand ausser Krause annimmt.

Besondere Schwierigkeiten unter den Kernen der Nervenendigung bieten die Endknospen. Wir dürfen diese Gebilde jetzt, seitdem Ranvier deren Färbbarkeit durch die üblichen Kernfärbungsmittel nachgewiesen hat, wohl zu den Kernen rechnen, obschon die Zellen, denen sie entstammen, oder als deren Ueberbleibsel sie anzusehen sind, noch vollkommen unbekannt sind und selbst das Gewebe, dem sie angehören, strittig ist. Gebilde dieser Art und Grösse für Kerne zu halten, ist bekanntlich das Nächstliegende und gewiss kein Wagniss zu nennen. Ich hatte aber im Anfange der Bearbeitung der motorischen Nervenendigung, wo noch Alles, was man sah, neu war, die besten Gründe dem Verfahren unserer Vorbilder auf ähnlichen Gebieten, die gern indifferente, nichts präjudicirende Namen für neue Dinge wählten, treu zu bleiben und so sind die Endknospen ein terminus geblieben, wie etwa die Körner in der Retina und in der grauen Substanz des Gehirns, deren Kernnatur schon länger einleuchtet. Kölliker nannte die Endknospen bekanntlich zuerst Zellkerne und erklärte sie für Kerne der Schwann'schen Scheide ohne sich übrigens auf bekannte Zellen, von denen die letzteren stammen, berufen zu können; denn diese Zellen scheinen erst kürz-

lich und endlich durch die Arbeiten von Vignal[1]) zugleich mit dem Nachweise des Entstehens der Schwann'schen Scheide aus Bindegewebszellen entdeckt zu sein. Mit der Kernnatur, obwohl man deren Beweis gern schuldig blieb, meinten Kölliker u. A. auch den complicirteren Bau, welchen ich den Endknospen zugeschrieben hatte, widerlegen zu können. Allein wie haben sich in diesem Punkte seither die Ansichten geändert? So sehr, dass ein verwickelter Bau mit Fadenstructur grade das Charakteristische für zahllose Kerne geworden ist!

Die Structur der Endknospen durch die Goldmethode aufzudecken habe ich, wie andere, vergeblich versucht, aber es ist mir doch gerade an vergoldeten Objecten manches aufgefallen, das ein recht abweichendes Verhalten dieser Gebilde von dem der Sohlenkerne und erweislicher Telolemmkerne bezeugt. Gewöhnlich nehmen die Endknospen zwar keine Goldfärbung an; während ich aber in Uebereinstimmung mit den Angaben aller Untersucher nach Beobachtung von tausenden von Nervenenden dieses Ausbleiben der Färbung für jede andere Art von Kernen am Orte der Nervenendigung bei den Reptilien und bei den Säugern ausnahmslos gültig gefunden habe, ist mir die Färbung doch bei den Endknospen der Stangengeweihe des Frosches gar nicht selten vorgekommen und zwar nach recht intensiver Vergoldung. Fig. 44 Taf. III stellt einen solchen Fall dar und keinen vereinzelten, denn die abgebildete Muskelfaser entstammte einem Gläschen, worin nahezu alle, d. h. einige hundert demselben Gastrocnemius entnommene Muskelfasern dasselbe Bild darboten. Da das Präparat lange in stark ameisensaurem Glycerin gelegen hatte, war die Muskelsubstanz wieder ziemlich hellroth geworden und das Bild des epilemmalen Endbusches und des hypolemmalen Geweihes darum um so deutlicher. Alle Kerne sowohl der Schwann'schen wie der Perineuralscheide waren im Gegensatze zu der eigentlichen (rothen) Goldfärbung ganz undurchsichtig, intensiv schwarz tingirt, ganz so wie es die Abbildung zeigt, und auch die Muskelkerne waren sämmtlich geschwärzt, obwohl weniger intensiv, an ihren Oberflächen schwarz gesprenkelt

1) Travaux du Lab. d'Histologie du Collège de France 1883, p. 160.

oder wie von schwarzem Flor umzogen. Die Endknospen dagegen zeigten von dieser Schwärzung nichts, dafür aber eine starke Röthung fast von der Intensität des schönen Brandroth der markhaltigen Fasern des Endbusches und intensiver als die der Axialkrume in den Geweihstangen. Jedenfalls ist dies ein höchst auffallendes Verhalten, das auf anderen Bau oder andere Mischung der Substanzen der Endknospen gegenüber dem der Scheiden- und Muskelkerne weist; denn aus der Lage der Endknospen sind diese Differenzen nicht verständlich. Da die Muskelkerne bis zur Axe der Faser hin den schwarzen Belag angenommen hatten, ist kein Grund einzusehen, weshalb den am oberflächlichsten gelegenen Endknospen dieser Belag entgangen sein sollte, um so weniger, als wie gesagt alle, also auch die hart unter dem Sarkolemm gelegenen Muskelkerne geschwärzt waren und da die Kerne beider Nervenscheiden, von denen doch die der Schwann'schen Scheide unter einer ganz ebenso beschaffenen Membran liegen, wie die Endknospen, bis zur Undurchsichtigkeit von Tuschekleckseen schwarz geworden waren, ist keine hindernde Hülle zu entdecken, welche die Endknospen vor derselben Schwärzung geschützt haben sollte. Ebensowenig vermag ich mir zu denken, dass die Nachbarschaft des Nervenmarks den Uebergang so reichlicher Goldmengen und deren vollendete Reduction bis zur metallischen schwarzen Ausscheidung in den Kernen veranlasst habe, denn in diesem Falle hätte man erwarten dürfen, dass z. B. eine hart unter dem Ende des epilemmalen Nerven befindliche, also dem Nervenmarke sehr nahe liegende Endknospe (s. Fig. 44) auch etwas von der Schwärzung abbekommen hätte. Solche Präparate haben mich daher nur in der Ueberzeugung bestärken können, dass die Endknospen den Axencylindern angehören und nicht irgend welchen Scheiden, wie sie denn auch den hypolemmalen Geweihästen anhaftend gefunden werden, wenn diese zum Absinken ins Innere der erweichten Muskelsubstanz gebracht werden.

Beim Proteus, dem Salamander, bei den Tritonen und den Kröten, wo auch Endknospen bekannt sind, die ich aber nicht so häufig untersucht habe wie die der Frösche, ist mir die Röthung dieser Gebilde bisher nicht vorgekommen, sondern ich habe sie nach Goldbehandlung dort meist von derselben körnig grützigen farblosen Be-

schaffenheit gefunden, wie auch die Kerne der beiden Nervenscheiden. In dem grützigen Kerninhalte ist ausser blassen Körnchen und Ringen häufig eine an ein Fadenmark erinnernde Zeichnung zu sehen (vergl. Fig. 48 und 49) auf welche ich zur Zeit indess kein Gewicht zu legen vermag.

Färbungen nach Art der von Ranvier angegebenen sind mir häufig an vorher flüchtig mit sehr verdünnter, in physiologischer Kochsalzlösung aufgelöster Osmiumsäure gelungen, sowohl mit Pikrocarmin wie mit Bismarckbraun und war es dann leicht, die Endknospen vor andern Kernen herauszufinden, indem man sich an den leicht geschwärzten epilemmalen Endbusch hielt, von dessen Spitzen ausgehend man die Figur des Stangengeweihes schon ungefähr errieth. In vielen Fällen sieht man an solchen Präparaten auch Theile des Geweihes selbst, von auffallender, dem frischen Zustande gleichender Breite; die Stangen oft von etwas knorrigen hie und da in sie einschneidenden Contouren bezeichnet. Von den andern am Innervationsfelde vorkommenden Kernen zeichnen sich die Endknospen durch ihre meist birnförmige, oft ein- oder zweimal ein wenig eingeschnürte Gestalt aus und es hat mir scheinen wollen, als ob das spitze Ende der Birne recht häufig dem Ende der Geweihstangen entgegen gerichtet sei. Auch an diesen Objecten war nichts über die innere Structur der Knospen zu entscheiden.

Die Vertheilung der Endknospen auf das Endgeweih habe ich nur beim Frosche verfolgen können, hauptsächlich bei Gelegenheit der Durchmusterung von Präparaten, in denen die Knospen vom Golde geröthet worden, da man nur in diesem Falle sicher ist, keine zu übersehen oder mit irgend welchen andern Kernen zu verwechseln, wie es an den Osmiumcarminpräparaten oder an den mit Bismarckbraun gefärbten wegen der Unkenntlichkeit des Geweihes oder einzelner Strecken desselben leicht vorkommen kann. Die übrigen Amphibien sind zu solchen Beobachtungen deshalb ungeeignet, weil ihre Geweihe viel ärmer und zum Theil sogar ganz frei von Endknospen sind.

Eine Regel für die Vertheilung der Knospen zu finden, vermochte ich nicht, es sei denn, dass lange Geweihstangen deren zwei bis drei aufweisen in nicht allzu verschiedenen Zwischenräumen.

Wo die Stangen für Parallelstangen oder Bajonette abgehende Seitenäste haben, findet sich an ihnen häufig eine Knospe, aber durchaus nicht constant. Richtig ist es, was Engelmann zuerst angegeben hat und ich nach den maassgebenden gefärbten Objecten jetzt von neuem bestätigen muss, dass die Knospen niemals endständig auftreten; dagegen befinden sie sich sehr häufig hart an der Wurzel der hypolemmalen Fasern und fast unmittelbar neben dem letzten Kerne der Schwann'schen Scheide, der das Ende des Nervenmarkes überdeckt. Zwei einander ganz nahe gerückte Endknospen scheinen nicht vorzukommen.

Bemerkenswerth ist die enorme Grösse der Endknospen beim Proteus. Dieselben erreichen fast die Länge der Muskelkerne, sind nahezu um das doppelte dicker und auch mindestens doppelt so gross wie die Kerne der Schwann'schen Scheide der markführenden epilemmalen Fasern. Da die Geweihstangen des Proteus sehr schmal sind, sitzen ihnen die (übrigens spärlichen) Endknospen als unverhältnissmässig grosse Gebilde auf.

Wie die durch Goldbehandlung leicht zu Perlschnurformen umgewandelten hypolemmalen Fasern der Tritonen und Salamander der Endknospen oft ganz entbehren, so gilt dies auch für den selteneren Theil der Nervengeweihe beim Frosche, der jenen gleicht, oder es sind daran die Knospen, namentlich in Anbetracht der grossen Länge solcher Geweihe weit spärlicher. Man kann auch sagen, dass die atypischen Endgeweihe des Frosches um so weniger Endknospen besitzen bis zum vollkommenen Fehlen derselben, je mehr die Geweihform von der typischen abweicht. Nichtsdestoweniger bleibt es bis heute unverständlich, dass nur bei den Amphibien und niemals bei den Reptilien und Säugern Endknospen aufgefunden worden sind.

Dieser Thatsache gegenüber hat Bremer[1]) versucht Hülfe zu schaffen, indem er die Endknospen unter die hypolemmalen Fasern, zwischen diese und die Muskelsubstanz verlegte. So ist er zu dem dann nicht mehr fernliegenden Schlusse gekommen, die Knospen seien nichts anderes als oberflächlich gelegene Muskelkerne. Zwar halte auch ich, obschon ich es niemals gesehen habe, es nicht für un-

1) Arch f. mikroskop. Anat. Bd. 22 S. 318.

möglich, dass eine Geweihstange der typischen Form selbst, der Länge nach über einen Muskelkern und selbst über eine Reihe solcher Kerne verlaufe, da ja auch manche atypischen Geweihe beim Frosche mit einigen ihrer Aeste über den Sohlenkernen liegen können, die im Grunde nichts anderes sind als Muskelkerne, d. h. Kerne der Sarkoglia; deshalb aber die Lage der Endknospen zwischen dem Sarkolemm (Telolemm) und den hypolemmalen Nervenfasern zu läugnen, vermag ich nicht, sondern ich muss den Knospen vielmehr sämmtlich diese Lage zuschreiben, wie es auch alle Untersucher nach mir gethan haben, nämlich ohne Ausnahme hart unter dem Sarkolemm. Namentlich die Goldpräparate (vergl. Fig. 65 u. 66), an denen man leicht die denkbar schärfsten Profilansichten findet, lassen hierüber nicht den mindesten Zweifel.

An diesen Profilen findet man nicht selten etwas recht beachtenswerthes, das die Telolemmkerne betrifft, nämlich epilemmal gelegene, längliche, stärker als die Endknospen glänzende Kerne, welche diese zur Hälfte dachziegelartig bedecken. In der Aufsicht können Stellen, wo dieses vorkommt, Doppelknospen vortäuschen und schon deshalb erwähne ich dieses Verhältnisses. Die epilemmal liegenden Kerne gehören ohne Zweifel dem Telolemm an und man kann, nachdem was wir von solchen Kernen bei den Reptilien und Säugern wissen, nur annehmen, dass es Kerne des Epilemms (der Fortsetzung der Perineuralscheide zum Telolemm) sind, nicht der Schwann'schen Scheide.

Um so mehr, wird man jetzt einwenden, liege daher Anlass vor, die Endknospen als der Schwann'schen Scheide, d. h. dem Endolemm angehörig zu betrachten; indess ist dagegen zu bemerken, dass dies die Ausnahmestellung der Endknospen nicht ändern würde, weil so viele Nervenendigungen selbst der Amphibien und alle Nervenhügel der Reptilien der Endolemmkerne ganz entbehren und nur Epilemmkerne aufweisen. Da also das genetische Gebiet und die allgemeine Histologie vor der Hand keinerlei Aufschluss über die Endknospen geben, so haben wir uns gegenwärtig nur an die die Endknospen auszeichnenden Eigenthümlichkeiten zu halten und diesen hatten wir in dem geschilderten Verhalten, namentlich in dem an manchen Goldpräparaten beobachteten nur neue hinzuzufügen.

V.

Nerven- und Muskelsubstanz.

Immer wieder findet die Ansicht Vertheidiger und Anhänger, dass die Nervensubstanz continuirlich in die des Muskels übergehe, oder dass der Axencylinder sich continuirlich zur contractilen Substanz fortsetze, also der Substanz nach, aus leitender in contractile übergehe. Ich bin dieser Ansicht, nach welcher die leitende Substanz durch allmähliche und unmerkliche Umwandlung zur contractilen werde, nicht und glaube für meine gegentheilige Auffassung einiges Vertrauen in Anspruch nehmen zu dürfen, weil ich durch Thatsachen zu derselben geführt, ja bekehrt wurde, nachdem ich selber ursprünglich die andere Ansicht gehabt und, wie mir scheint, vornehmlich begründet oder eingeführt hatte.

Bei den Wirbellosen, wo die Angelegenheit für die quergestreiften Muskeln bis heute so wenig erledigt ist wie für die glatten Muskelfasern und für den Herzmuskel der Wirbelthiere, hatte zuerst Doyère den Uebergang der Nervenfaser in die granulirte kegelförmige Masse an ungestreiften Muskelfasern gefunden und damit von morphologischer Seite den Grund gelegt für die Annahme des sog. continuirlichen Ueberganges. Oft genug ist die Reihe der Bestätigungen dieser fundamentalen Entdeckung an einer grossen Zahl von Wirbellosen, die ich 1864[1]) zusammenstellte, wiederholt worden und es wird leicht sein, sie heute, nach weiteren 22 Jahren, unter Berufung auf die Arbeiten von Kleinenberg, der Gebrüder Hertwig u. A. erheblich zu vermehren. Darauf hatte Mayer[2]) zuerst an quergestreiften Insectenmuskeln ein ähnliches Verhalten beobachtet und zugleich den Durchtritt der Nervenfaser durch das Sarkolemm zur granulirten Masse des Doyère'schen Hügels angenommen. Dasselbe habe ich 1859 an den gestreiften Muskeln von Hydrophilus gefunden, wie ich und alle Welt übrigens erst viele Jahre später, nachdem W. Krause darauf aufmerksam gemacht hatte, bemerkte, ohne Kenntniss der Mayer'schen Publication. Die Granulosa des Nervenhügels fand ich angesetzt an die

---

1) Vergl. Virchow's Archiv Bd. 30 S. 189.

2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854 S. 214.

kernhaltigen Gliastreifen des Muskels, so dass diese die continuirliche Fortsetzung des Inhaltes des Nervenhügels bildeten und da ich keine distincte Endigung der unter das Sarkolemm gelangten Nervenfaser, die ich höchstens gleich nach dem Eintritte sich hatte theilen sehen, erkennen konnte, so schloss ich auf jenen continuirlichen Uebergang, wenigstens in einen Bestandtheil der contractilen Substanz, nämlich, wie wir heute sagen würden, in die Sarkoglia. Ob dies richtig war, steht dahin; jedenfalls ist es bis heute nicht widerlegt, denn die kurz darauf erschienene Arbeit von Margo, in welcher die Nervenendigung in Gestalt eines Netzes von Kornfasern, das die ganze contractile Substanz durchziehe, beschrieben wurde, war eher eine Bestätigung als eine Widerlegung und die späteren Einwendungen, unter welchen diejenigen von Engelmann besonders zu nennen sind, dürften jetzt von diesem selber zu Gunsten der später zu erwähnenden Arbeit von Föttinger aufgegeben sein. Andererseits hatte sich Waldeyer meinen Angaben über die Insectenmuskeln vollkommen angeschlossen und die Thatsache hinzugefügt, dass die gliöse Fortsetzung des Nerven beim Flusskrebs sogar einen vollkommenen Mantel um die quergestreifte Substanz bilde.

Engelmann's und Anderer Einwand bestand vornehmlich in Bedenken gegen die Beschaffenheit des nun als Nervenfortsetzung aufgefassten granulirten kernhaltigen Materials. Das sei der Rest des embryonalen Materials, aus dem sich die quergestreifte Substanz gebildet habe: so hiess es im Anschlusse an Max Schultze's epochemachende Abhandlung „Ueber Muskelkörperchen und was man eine Zelle zu nennen habe“ [1]), und das könne doch nicht Nervenende sein. Indess vergass man ganz, dass die Glia ebensowohl einem embryonalen Axencylinder, wie dem Protoplasma der muskelbildenden Zellen gleiche, und dass wir körniges Protoplasma der verschiedensten Localität und Dignität überhaupt nirgends von einander unterscheiden können. Wenn man weiter hervorhob, dass den Nervenhügeln der Insecten einestheils die Fortsetzung kernhaltiger Streifen zuweilen fehle, während andererseits solche Streifen in der Axe des Muskels vorkämen, wohin der Nerv nicht dringe, so war auch dies als Ein-

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861 S. 1.

wand verfehlt, da die flach unter dem Sarkolemm fortsatzlose Glia des Nervenhügels Fortsätze gegen die Gliastreifen der Muskelaxe haben konnte und die sublemmalen Gliastreifen nachweislich an vielen Stellen durch stärkere Brücken mit den axialen zusammenhängen. Demnach war und blieb die Sarkoglia Fortsetzung des Nerven, so lange die Granulosa des Nervenhügels als dessen Fortsetzung galt. Letzteres war aber Engelmann's Meinung und er stand damit nicht allein, sondern war darin schon Rouget gefolgt, der die Ansicht von der gleichen gliösen Beschaffenheit des Nervenendes auch für die Wirbelthiere (mit Ausnahme der Amphibien) angenommen hatte, als er den Doyère'schen Hügel auch bei den Wirbelthieren fand.

Obgleich ich mich der Rouget'schen Uebertragung meiner Befunde von den Insectenmuskeln auf die der Säuger nach den ersten eigenen Untersuchungen frischer Kaninchen- und Hundemuskeln vollkommen hatte anschliessen können, war doch schon vorher die Wendung der Dinge zu Ungunsten des continuirlichen Ueberganges eingetreten, nachdem ich die vollkommen distincte Endigung beim Frosch mit wohl begrenzten hypolemmalen nackten Axencylindern gefunden hatte. Ich bekenne, dass es auch mir schwer geworden ist, von dem physiologischen Vorurtheile, dass man die Innervation auf der histologischen Basis des continuirlichen Zusammenhanges von Nerv und Muskelfaser besser verstehen werde, zu lassen, und dass ich nach Auswegen gesucht habe, z. B. beim Studium der Endknospen, deren undeutlich definirte Spitzen und pinselartiger Zerfall nach Maceration in Säuren einen solchen Ausweg zu eröffnen schienen. Aber dem Vorkommen einzelner, knospenlos mit abgerundeten Spitzen endender blasser Terminalfasern, die ich ebensowohl fand, habe ich mich fügen müssen. Wie schwer dies auch anderen, ja allen Morphologen und Physiologen wurde und wird, hat man inzwischen gesehen und sehen wir heute wieder. Rouget's und Engelmann's Mittheilungen über die nur mit der Glia erfüllten Nervenhügel der Reptilien und Säuger, dann meine, die Krause'schen Angaben über einfach gestreckte, blasse Terminalfasern in den Nervenhügeln widerlegende Veröffentlichung wirkten fast befreiend, da sie den continuirlichen Zusammenhang zu sichern schienen und als

dann die Endgeweihe in den Nervenhügeln längst gefunden waren, machten einige zum Alten anscheinend zurücklenkende Arbeiten, wie die Gerlach's noch Glück; Ranvier[1]) fand die daraus gefolgerte Theorie „séduisante"; und nicht anders wird es vermuthlich denen ergehen, welche eine, wenn auch noch so unsichere Brücke von den Endgeweihen, die Gerlach noch ignoriren durfte, zur Glia behaupten wollen.

Wie befriedigend der ehemalige Stand der Dinge sein konnte, der die Uebereinstimmung in der gesammten gestreiften Muskulatur des Thierreiches herzustellen schien, indem er im wesentlichen gleiches bei den höchsten Wirbelthieren und den Wirbellosen ergab, so war und blieb doch die Nervenendigung beim Frosche und bei anderen Amphibien als Ausnahme, wie ein Stein des Anstosses bestehen und bei der Sicherheit des Nachweises hypolemmaler faseriger Fortsetzungen des Axencylinders geeignet, auch in den Nervenhügeln solche vermuthen zu lassen. Ich kann nur wiederholen, was ich damals schon ausgesprochen habe[2]), dass die von Krause angegebenen blassen Terminalfasern darum bei mir ein starkes Vorurtheil zu ihren Gunsten gefunden haben und dass ich mit allen Fachgenossen gleich erstaunt war, wie es Krause hatte entgehen können, welche Bestätigung er damit meinen Angaben über die Froschmuskeln entgegen brachte. Dennoch wollte es mir durchaus nicht glücken, jene schmalen gestreckten und spärlichen blassen Terminalfasern, welche Krause beschrieben und abgebildet hatte, in den Nervenhügeln der Säuger wieder zu finden; aus gutem Grunde: denn solche Terminalfasern existiren eben nirgends. Man sehe die überaus zahlreichen, nach der Silber- und Goldmethode gewonnenen Abbildungen sämmtlicher Autoren durch, um sich zu überzeugen, dass keine einzige darunter ist, die etwas ähnliches wieder aufweist und wenn man dazu noch den Vorschub erwägt, den die Goldbilder wegen der unnatürlichen Magerkeit ihrer Geweihe dieser Aehnlichkeit leisten würden, so muss man wohl anerkennen, dass es rein sachliche Verhältnisse waren, und keine „préoccupations d'esprit", wie Ranvier meinte[3]), welche eine Bestätigung Krause's unmöglich machten.

---

1) a. a. O. vol. II p. 261.
2) Virchow's Archiv Bd. 30 S. 207 unten.
3) Leçons vol. II p. 251.

Da es bei den Säugern zunächst zu schwierig schien, weiter zu kommen, erwartete ich mit Ungeduld das Object, das man von vornherein für das günstigste halten musste, nämlich die Eidechsen, an denen Rouget zuerst die Nervenhügel der Wirbelthiere gefunden hatte. In Berlin, in dessen Umgebung Eidechsen selten sind, war ich auf die dort zeitweise käufliche Ziereidechse, Lacerta viridis, angewiesen, und es war dies der einzige Grund, weshalb ich auf diese in unseren Breiten sonst weniger zugängliche Species verfiel. Hieran glückte es nun in der That, an Stelle der vermeintlichen blassen Terminalfasern das Geweih zu entdecken, ein Gebilde, das dem von Krause, übrigens auf Grund der schon früher erwähnten und aufgeklärten Verwechselung mit den letzten epilemmalen Nervenzweigen, behaupteten, so wenig glich, „wie das Schaufelgeweih des Damwildes einem entlaubten Weidenaste". Ich wiederhole diesen Vergleich aus einer früheren Publication, um einen Autor [1]), der ihn in unerlaubter Unkenntniss der Geschichte des Gegenstandes gänzlich missverstanden hat, auf den richtigen Weg zu bringen.

Nach der Auffindung des Geweihes in den Nervenhügeln sämmtlicher Wirbelthiere hatten sich die Verhältnisse gegen die ehemaligen vollkommen umgekehrt, denn jetzt galt es das Homologon des Geweihes bei den Wirbellosen zu suchen. Dies ist von Engelmann und von Rouget geschehen, wie beide behaupteten mit gutem Erfolge; Engelmann erklärte eine durchsichtige, nicht granulirte, blasige Masse in der Kuppe des Nervenhügels, Rouget dagegen eine netzartige Faserausbreitung an der Basis des Hügels unter dessen Granulosa für das gesuchte. Keiner dieser Autoren ist indess auf seinen Fund zurückgekommen und es hat sich auch von keiner Seite eine Bestätigung dafür ergeben.

Inzwischen ist Föttinger [2]) unter Engelmann's Leitung zu einer ganz andern und neuen Auffassung gelangt. Nach ihm strahlt der motorische Nerv der Wirbellosen durch die Granulosa nach abwärts verfolgbar in die Muskelsubstanz hinein und zwar so, dass jede intramuskuläre feinste Faser sich in je eine Nebenscheibe der Rhabdia

1) Vergl. Bremer a. a. O. S. 183.
2) Arch. d. Biologie 1880 Bd. 1 S. 279.

fortsetzt. Engelmann[1]) ist für diese Lehre vollkommen eingetreten und nach ihm soll jede Zwischenscheibe als directe und continuirliche Fortsetzung des Nerven eine die Innervation der contractilen Substanz übernehmende Platte, also ein sehr feiner plattenförmiger Nerv sein. Da aber die Muskelfaser nicht so viel Nervenfibrillen erhält, als es Nebenscheiben gibt, so müssen diese Platten durch Längscommissuren mit einander zusammenhängen, welche kaum anderswo als in den Längsstreifen der Sarkoglia zu suchen bleiben und es gäbe demnach in der Muskelsubstanz überall quer und längs gerichtete Züge nervöser Substanz. Diese mit der Sarkoglia zu identificiren liegt nahe, und da eine Sonderung derselben von der Glia des Nervenhügels unverständlich wäre, so würde sich die neue Auffassung mit der ältesten wieder begegnen, nur mit der Erweiterung, dass die Nebenscheiben nicht zur Rhabdia, sondern zur Glia gehören. Dann noch ein Geweih zu suchen, wäre unnöthig und wo dasselbe schon nachgewiesen ist, würde es nichts anderes vorstellen als marklose, freilich etwas seltsam gestaltete Brücken der Nervenfaser zur Sarkoglia.

Die unentwegte Vorliebe für den continuirlichen Uebergang ist schon am Werke hier wieder anzuknüpfen, und es geschieht dies von zwei Angriffspunkten aus: 1. mit dem Versuche, die Trennung der Sohle vom Geweih aufzuheben, 2. von dem vereinzelten Vorkommen allerfeinster, spitz endender hypolemmaler Fasern aus, welche in die Längsstreifen der Sarkoglia anscheinend übergehen.

Der erstere Versuch ist meiner Erfahrung nach gänzlich verfehlt und leicht zurückzuweisen. Wie will man vor unserem Nachweise, dass die ungeheuere Mehrzahl der vorhandenen Goldbilder statt des Geweihes nur dessen Skelet aufweist, haben finden können, dass das letztere, ausser welchem man nichts kannte, mit der Sohle zusammenhänge, da doch mindestens das Stroma noch dazwischen lag? Das wäre so, wie wenn man continuirliche Verbindung eines Pflaumenkerns mit der Gartenerde behaupten wollte, wenn man die ganze Pflaume vergräbt. Aber zugegeben selbst, dass einzelne der vor uns beobachteten Geweihe Totalvergoldungen entsprochen hätten, auf welche Beobachtung vermag sich dann die Behauptung zu stützen?

1) Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 26 S. 531.

Man vergleiche Bremer's dazu verwerthete Abbildung[1]) und man wird finden, dass sie nichts darstellt als ein Geweih nebst der Sohle zu einem zerklüfteten Kuchen zerpresst, in welchem nicht mehr zu unterscheiden ist, was Sohle und was Geweih war. Hätte der Autor nur die Farbenüance der beiden Bestandtheile des Nervenhügels angegeben, so wäre dies vielleicht nachträglich noch möglich und wahrscheinlich würden wir dann finden, dass die Dinge, deren continuirlicher Zusammenhang behauptet wurde, noch sehr scharf von einander getrennt waren, falls nicht beide absolut gleich gefärbt wurden. Im letzteren Falle wäre die Untrennbarkeit aber kein Wunder, denn wer wüsste nicht, wie manche Vergoldung nur deshalb fehlschlägt, d. h. unerkennbare Geweihe liefert, weil diese und die Sohle gleich tiefe und übereinstimmende Nuance angenommen haben. Andererseits weiss man jedoch, dass geeignete Entfärbung, die an den beiden Bestandtheilen des Nervenhügels ungleich zu verlaufen pflegt, auch in solchen unerwünschten Fällen das Geweih später klar macht.

Wie es scheint, dient übrigens diese Beobachtung, obwohl sie die wesentliche wäre, bei Bremer weit weniger der auf die Continuität von Nerv und Muskel gerichteten Beweisführung als der andere besonders hervorgehobene Umstand des Ausstrahlens nämlich der dunklen Massen in die Querlagen und Klüfte der Muskelsubstanz. Allein dies ist irrelevant und kann nur zeigen, dass es leicht ist, die Sohlenglia in Localitäten kleinsten Widerstandes zu treiben, oder kann im besten Falle für den Zusammenhang der Sohlenglia mit der allgemeinen Sarkoglia sprechen. An diesem Zusammenhange habe ich bekanntlich nie gezweifelt, aber es kam darauf auch nicht an, wie überhaupt nicht auf den Nachweis des Zusammenhanges der Sohle mit etwas dem Muskel angehörigen, sondern auf den der continuirlichen Verbindung der Sohle mit etwas nervösem, d. h. mit dem Geweih; und dieser Nachweis unterblieb oder ist misslungen.

Die überwiegende Mehrzahl der Goldpräparate zeigt, ziemlich unabhängig von der verwendeten Methode, unter gefärbten Geweihen ungefärbte Sohlen, und in der Regel dann auch homogen gefärbte oder sehr helle Muskelfasern, in denen die Sarkoglia ebenso wenig

1) Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 21 Taf. VIII Fig. 23.

durch die Farbe hervortritt. In andern Fällen kann die Rhabdia sehr regelmässigen Wechsel der Farbe zeigen, wobei die Tiefe der Färbungen etwa dem Grade der Doppelbrechung entspricht. Schon in diesem Verhalten liegt ein Hinweis auf die Verschiedenheit der Sohlen- und Geweihsubstanzen und da man unter den genannten Umständen niemals verwaschene Farbenränder an den Geweihen sieht, falls diese überhaupt tiefer gefärbt sind, so liegt darin auch ein starker Grund gegen substantielle allmähliche Uebergänge. Hätte Bremer dies beachtet, so wären ihm vermuthlich Bedenken entstanden gegen die Heranziehung des zweiten Beweismaterials, dessen wir gedachten, nämlich jener mit feinen, anscheinend uncontrolirbar auslaufenden Spitzen endigenden hypolemmalen Fasern[1]). Das Object, welches Bremer meint, findet sich vorwiegend in den Zungen- und Kiefermuskeln des Frosches, und ist dasjenige, welches ich unter den embryonalen Formen aufgeführt habe. Bremer's Präparate müssen, nach den Abbildungen zu schliessen, Geweih und Sarkoglia von gleicher, wahrscheinlich mehr brandrother Farbe, die man bei diesem Objecte, wenn es recht scharf ausgefallen, vorzugsweise findet, enthalten haben, und wenn dem so war, so konnte man kaum etwas anderes erwarten als den scheinbaren continuirlichen Uebergang. Ich kenne diese Bilder, deren Entdeckung ich als ein Verdienst mit Vergnügen anerkenne, aus langer Erfahrung und weiss, dass es zuweilen unmöglich ist zu sagen, wo der Geweihast aufhöre und die Glia anfange, weiss aber auch, dass dies nur für einen Theil der feinsten Fasern gilt, die zum andern Theile derart von vornherein mit den Gliastreifen verlaufen, dass man von einem Ursprunge dieser aus den nervösen gar nicht reden kann. Endlich aber gibt es in demselben Präparate und an einem und demselben Geweih gewöhnlich noch einige feinste Fasern, deren freilich ausserordentlich feine Spitze man recht gut erkennt, sei es, weil wirklich kein Gliastreif in ihrer Fortsetzung liegt oder weil die Glia an dieser Stelle ungefärbt blieb. Das letztere ist das entscheidende, denn nach einigem Suchen findet man nicht eben selten alle hier hinzuzählenden Nervenendigungen auch in Muskelfasern mit ungefärbter Glia und in diesem Falle alle Spitzen

1) Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 21 Taf. VIII Fig. 15 u. 16.

deutlich abgesetzt. Soll dieser Thatsache gegenüber die Hypothese vom continuirlichen Uebergange noch aufrecht erhalten werden, so wäre mindestens zuzugeben, dass derselbe sich unter zwei grundverschiedenen Substanzen auf äusserst kleinem Raume, also sehr plötzlich, was dem Gegentheile schon ziemlich nahe käme, vollzöge; wie wollte man das aber mit unsern im Grunde recht groben mikroskopischen Hilfsmitteln nachweisen? Die Hypothese ist also durch nichts erwiesen oder wahrscheinlich gemacht.

Bei den Wirbellosen wird nach diesen Erörterungen nur immer wieder der Nachweis des Homologon der Endgeweihe versucht werden müssen. Leider schlagen bei ihnen die jetzigen Goldmethoden nicht an. Ich habe zwar manches hübsche Goldpräparat von den Schenkelmuskeln des Hydrophilus piceus erzielt, aber daran nichts anderes finden können als einen schön rothen Kuchen im Nervenhügel, scharf abgegrenzt von der kaum gefärbten Muskelsubstanz, jedoch ohne kenntliches Gefüge und mit ungefärbten epilemmalen Nerven verbunden. Die Schwierigkeiten dieser Objecte sind also noch nicht annähernd überwunden und wenn man dieselben kennt, kann man es nur für unwissenschaftlich halten, wenn aus der Erfolglosigkeit der bisherigen Untersuchungen bei den Wirbellosen auf eine nicht distincte Nervenendigung bei den Wirbelthieren geschlossen wird.

Hiermit will ich jedoch nicht gesagt haben, dass ein fundamentaler Gegensatz in der motorischen Nervenendigung zwischen den niedern und den höheren Thieren undenkbar sei. Ich bin vielmehr der Ansicht, dass sich etwas der Art allerdings eines Tages als das Resultat von Untersuchungen ergeben könne, obgleich die erwarteten Gegensätze im Lichte der Entwicklungslehre dann wohl bald aufhören würden als solche dazustehen. Der Hang aber, von einem Objecte auf das andere, namentlich von den niederen Formen auf die höheren zu schliessen, ist ein so grosser und verbreiteter, dass überall die Irrwege zu finden sind, in die er führt und nicht zum wenigsten, wie wir sahen, in der Geschichte der motorischen Nervenendigung. Für einen dieser Irrwege halte ich auch den von der augenblicklichen unvollkommeneren Kenntniss der Nervenendigung in den g l a t t e n Muskeln aus eingeschlagenen Gang zur Erleuchtung

der Verhältnisse in den gestreiften. Weil die Nervenfibrille sich in dem protoplasmatisch körnigen Antheile am Kerne der Muskelfaserzelle anscheinend verliere, deshalb sollte, so hatte man gesagt, die Nervenendigung in den quergestreiften Muskeln keine distincte sein und das Geweih nicht das letzte Ende des motorischen Nerven. Ich bekenne, solchen Schlüssen nicht folgen zu können und diesem Versuche nicht mehr Berechtigung zuzuerkennen, als dem Bestreben, von der jetzigen Nothlage der Untersuchungen über die motorische Nervenendigung bei den Wirbellosen destructiven Gebrauch zu machen gegen die durch lange, sorgfältige und erfolgreichere Arbeit erworbenen Erfahrungen an den Wirbelthieren.

Sohle und Muskel.

So lange man die quergestreifte Substanz des Muskels kennt und besonders seit die Verschmälerung der Querstreifen in der contrahirten Muskelfaser bekannt ist, sind wir gewohnt, diese Substanz für die contractile zu halten, und nach dem Beweise der selbständigen Irritabilität des Muskels, auch für die erregbare. Die Rhabdia, wie ich diesen Theil des Muskelinhalts, um einen kurzen Ausdruck dafür zu haben, nenne, schien so sehr das wichtigste und auch der Masse nach das überwiegende, dass die übrigen Bestandtheile des Sarkolemminhaltes für die Leistung des Muskels gar nicht in Frage zu kommen schienen und höchstens in morphologischer Beziehung Interesse erregt haben. M. Schultze's berühmter Nachweis der genetischen Bedeutung der Muskelkerne und der sich diesen anschliessenden körnig protoplasmatischen Substanz hat die Frage nach einer etwaigen Mitwirkung dieses Bestandtheils, den wir als Sarkoglia[1]) bezeichnen, nicht berührt und in der Physiologie ist dieselbe fast ganz ignorirt oder als etwas unerhebliches, nur die Entwicklung der Muskelfaser angehendes betrachtet worden.

Prüfen wir den Stand unserer Kenntnisse über die Betheiligung der beiden Bestandtheile des Muskels an der Contraction, so müssen wir bekennen, dass nichts uns berechtigt, die Contractilität und

1) Von Rollett inzwischen Sarkoplasma genannt. Vergl. Bd. 49 der Denkschriften der k. Akademie zu Wien, 13. Nov. 1884.

Irritabilität dem einen oder dem andern ausschliesslich zuzuschreiben und dass nur eine sehr zu berichtigende Unterschätzung der Masse und Verbreitung der Sarkoglia dazu geführt hat, ausschliesslich die Rhabdia als das Contractile anzusehen. Die neueren mit Hülfe der Goldmethoden vorgenommenen Untersuchungen der Sarkoglia durch Biedermann, Retzius, Rollett u. A. lehren aber, dass die Glia, wenn sie vielleicht auch nicht überall so voluminös wie die Rhabdia ist, es doch in vielen Muskeln ist und in allen Fällen durch sämmtliche Schichten der Muskelfaser verbreitet. Man braucht in der That nur irgend welche für diesen Zweck in günstigster Weise mit Gold gefärbte Muskelfaser gleichviel welchen Herkommens anzusehen, um sich unmittelbar zu überzeugen, dass es darin kein einziges Element der Rhabdia gibt, das nicht von der Glia umrahmt, durchzogen oder begleitet würde.

Wie sehr die Ansicht von der functionellen Bedeutungslosigkeit der Sarkoglia unsere Vorstellungen beherrscht hat und in welchem Grade wir dieselbe als etwas dem contractilen und reizbaren Gewebe fremdes, ja fast als etwas störendes erachtet haben, erhellt besonders aus der Ueberraschung, die es erregte, als die gliöse Sohle unter den Nervengeweihen, zwischen Nerv und Rhabdia eingeschoben, entdeckt wurde. Ich habe diese Ueberraschung getheilt und darum viel Mühe auf den Nachweis verwendet, dass trotzdem das Nervengeweih die Rhabdia in einigen Punkten direct berühre, wie ich es vor langer Zeit bereits ausdrücklich angeben konnte. Ranvier war daher im Irrthum, als er mit so grossem Nachdrucke und im Gegensatze zu mir, wie er meinte, erklärte: *„il n'y a pas de semelle continue“*, denn, wie schon erwähnt wurde, wiederholte er damit nur, was ich gesagt hatte und bis vor kurzem während vieler Jahre in mehreren Publicationen aufrecht erhalten habe. Abgesehen von diesem Irrthume bleibt es aber in der Hauptsache interessant, dass auch Ranvier Werth auf diesen Punkt legte und ohne Zweifel ebenfalls in der Meinung, dass die Sohle störend in die Uebertragung der Erregung vom Nerven auf den Muskel eingreife.

Ist die directe Berührung der Nervengeweihe mit der Rhabdia auch bei den Reptilien und Säugern, wo die Sohle der Nervenhügel am meisten entwickelt ist, nicht ausgeschlossen, so muss es doch

Erstaunen erregen, dass ein so grosser Theil der unteren Geweihfläche, wenn nicht der grösste, in der Regel keinen Antheil an dieser Berührung hat. Dadurch war ich auf den Gedanken gekommen, dass die Innervation durch die „Platten"-Geweihe möglicherweise einer Beschränkung des Contactes mit dem Muskel auf gewisse Punkte der Geweihäste bedürfe und im Anschluss an die elektrischen Entladungshypothesen hatte ich in der Sohlenglia eine besonders stark polarisirbare Substanz vermuthet[1]). Inzwischen haben wir namentlich durch die Untersuchung der Geweihbesohlung an vergoldeten Querschnitten aber erfahren, dass ganz unerwartet grosse Strecken der Geweihäste durch die Sohle von der Rhabdia getrennt werden, ja wahrscheinlich ganze Abtheilungen eines Geweihes, die man demnach für die Zwecke der Innervation für so gut wie verloren halten müsste, und endlich habe ich jetzt in der Zunge der Eidechsen zahlreiche Nervenhügel gefunden von solcher Höhe und mit so kleinem, auf die Kuppe des Hügels beschränktem Geweih, dass man deren Sohle nicht nur als continuirlich, sondern als ein dickes, den Durchmesser der zugehörigen schmalen Muskelfaser sogar übertreffendes Polster bezeichnen muss, das die Nervendigung gänzlich und weit von der Rhabdia trennt.

Abbildungen dieses Verhaltens geben Fig. 40 A u. B, 41, 42 Taf. B. Dieselben stellen Quer- und Längsschnitte von Muskelfasern aus Durchschnitten der Eidechsenzunge dar von sehr verschiedenem Kaliber, wie man sie in der Zungenmuskulatur antrifft. Verlauf und Durchflechtung der Faserung dieses Objectes sind sehr geeignet solche sehr verschiedene Durchschnitte zu liefern und natürlich auch Schrägschnitte, von denen wir jedoch keine abgebildet haben, da sie weniger klar und verständlich sind. Bei Herstellung dieser Präparate bietet nur die Vergoldung Schwierigkeiten; wir haben das Golgi'sche Verfahren dazu am besten gefunden, aber sehr häufig auch mit diesem resultatlos gearbeitet. Wo es anschlägt, hat man noch den Vortheil, auch zu dick ausgefallene Schnitte verwenden zu können, aus denen sich leicht Bruchstücke ganzer Muskelfasern, also keine Durchschnitte loslösen, deren Nervenhügel die beste Ergänzung zu den Durchschnittsbildern liefern. Ausser ganz flach

1) Unters. a. d. Physiol. Institut zu Heidelberg Bd. 3 S. 1.

ausgebreiteten Endgeweihen kommen in der Eidechsenzunge alle Formen und die genannten hohen Nervenhügel in erheblicher Menge vor. Dazu gibt es gemischte Formen, wie in dem Längsschnitte Fig. 43, wo sich an den (vergl. auch bei Fig. 42) stark ins innere der Muskelfaser mit einem sog. Nerventhal vorspringenden Nervenhügel eine schmale rankenartige Verlängerung des Geweihs ansetzt und gelegentlich auch jene merkwürdige, den papillae circumvallatae gleichende Art von Nervenhügeln, wie bei Fig. 41. Zu vielen dieser Hügel sieht man verhältnissmässig dicke markhaltige Nervenfasern treten, auch wo die Muskelfasern sehr schmal sind und jene kleinen auf den Hügelgipfel beschränkten Geweihe bilden. Es versteht sich von selbst, dass diese Durchschnitte allein nicht darüber entscheiden können, ob die Geweihe mit keinem ihrer Aeste durch die dicke Sohle zur Rhabdia hinabsteigen, da solche Aeste ausserhalb der Schnittebene vorkommen könnten; aber es verdient doch bemerkt zu werden, wie häufig man auf das abgebildete Verhältniss stösst; und dass dies im Zusammenhange stehe mit dem Vorkommen von Geweihen, die nirgends die Sohle bis zur Hügelbasis durchbrechen, davon kann man sich an den erwähnten undurchschnitten isolirten Fasern überzeugen.

In Hinsicht auf die Innervation ist hier eine ohne Frage entscheidende Thatsache aufgedeckt, angesichts welcher nichts übrig bleibt als der Schluss, dass die Sohlengranulosa befähigt sei, die Erregung vom Nerven zur Muskelfaser zu leiten, und wenn diese Granulosa gleichbedeutend mit der Sarkoglia ist, dass auch diese die Erregung nach allen Richtungen durch die Muskelfaser leite.

Hiermit wird es scheinen, dass wir denjenigen entgegenkämen, welche die Muskelfaser überall erfüllt sehen mit Nerven, also der oben schon berührten Gerlach'schen Ansicht. Um kein Missverständniss aufkommen zu lassen, bin ich genöthigt, erst zu bemerken, dass ich nach wie vor weit davon entfernt bleibe, die Richtigkeit der Behauptung Gerlach's, dass sein intravaginales nervöses Netz, obwohl ich es mit den Gliastreifen und -Gittern identificire, continuirlich mit den hypolemmalen Geweihästen zusammenhänge, denn das ist durch keine Beobachtung bestätigt und auch Engelmann verwahrt sich, indem er für die Ansicht Föttinger's, dass die

Nebenscheiben der Rhabdia nervös seien, eintritt, ausdrücklich gegen jede Uebereinstimmung mit Gerlach. Ferner bin ich genöthigt, hervorzuheben, dass für diejenigen, welche die Rhabdia für den allein contractilen und erregbaren Muskelbestandtheil halten, kein Grund vorliegt, derselben die Leitung der Erregung abzusprechen und dass die Anhänger dieser Meinung in der ausgedehnten Sarkoglia nur einen ganz überflüssigen Begleiter für die Hauptverrichtung des Muskels sehen und dieselbe gern für etwas von der Sohlengranulose verschiedenes halten werden.

Ueber den letzteren Punkt ist im Augenblicke schwer zu entscheiden. Ich wüsste zwar nicht, dass irgend einer der Autoren (mit Ausnahme derer natürlich, welche Geweih und Sohle, kurz den ganzen Nervenhügel, oder die Platte, ausserhalb des Sarkolemms verlegen und die Sohlenkerne als Kerne einer Bindegewebsmembran bezeichnen) meinen für die Zugehörigkeit der Sohlenkerne zu den Muskelkernen und der Granulosa zum Schultze'schen Muskelzellprotoplasma, also zur Sarkoglia, vorgebrachten Argumenten entgegengetreten wäre, sondern wir haben dies vielmehr von mehreren Seiten schon recht lehrhaft wieder vernehmen müssen; es könnte aber trotz alledem Differenzen zwischen dem zur Sohle angehäuften und der durch die Muskelfaser ausgebreiteten Glia geben. Differenzen der Goldfärbung kommen z. B. nicht gerade selten unter diesen Antheilen der Sarkoglia vor, besonders in der Weise, dass die Sohlenglia allein sich röthet oder bedeutend tiefer färbt, als die übrige und es steht zur Zeit dahin, wie viel oder wie wenig Gewicht darauf zu legen sei.

Lassen wir dies gegenwärtig, als nicht zu entscheiden, bei Seite, so bleibt uns noch eine andere Annahme übrig, die ich als eine der Prüfung fähige Hypothese nicht länger unterdrücken will.

Es lassen sich Gründe und weitgreifende Ueberlegungen geltend machen für die auf den ersten Blick auch mir ketzerisch erschienene Ansicht, dass die Rhabdia nicht das contractile, sondern ein elastisches Element sei und die Sarkoglia dasjenige, was sich activ im Muskel verkürze. Diese Auffassung ist mir in dem Maasse näher getreten, als ich die auffallende Uebereinstimmung des sarkogliösen Netzwerkes mit den von Heitzmann und von Frommann zuerst

beschriebenen Netzstructuren anderen contractilen Protoplasmas kennen lernte. Unerwarteterweise habe ich kürzlich dieselbe Aufstellung auch von Leydig[1]) vertreten sehen und zwar mit derselben Begründung und unter Hinweis auf die ausserordentliche Verbreitung jener Netzstructur in den meisten Protoplasmen.

Zu widerlegen wäre diese Ansicht, wenn es Muskeln oder Strecken in der Muskelfaser gäbe, welche der Sarkoglia entbehren; zu stützen, wenn es gelänge Contractilität oder active Beweglichkeit an den grösseren Ansammlungen der Glia, wie an gewissen Nervenhügeln oder in dem Gliamantel der Krebsmuskelfasern zu constatiren. Wir müssten das letztere für einen erfreulichen Fund halten, da es die tiefe Kluft decken würde, welche in den Differenzen der Organisation der contractilen Protoplasmen und des Muskels, sowie in dem Baue der gestreiften und der glatten Muskulatur vor uns liegt. Denn in der That hätte es etwas äusserst befriedigendes, wenn wir in dem Sarkoglianetz die grosse vielkernige Rhizopode wiederzufinden vermöchten und in dem körnigen Inhalte der glatten Muskelfaserzellen dasselbe Material wie in der Sarkoglia des gestreiften Muskelgewebes, nur unvertheilt und nicht zum feinsten Webewerk geordnet durch den Einschlag der Rhabdia.

Bekanntlich hat Engelmann[2]), man könnte sagen umgekehrt, gemeint, die Brücke vom niederen Protoplasma zum Muskel herzustellen, durch den Versuch, doppelbrechende Einlagerungen und selbst bestimmte Orientirungen des Anisotropen im contractilen Protoplasma niederer Thierformen nachzuweisen. Da es mir bis jetzt an Material gefehlt hat, diese Angaben zu controliren, so kann ich mich nur auf Beobachtungen berufen, die ich viele Jahre vor Engelmann (1860) in Brücke's Laboratorium zu Wien an dem verzweigten Stielmuskel von Zoothamnium und an den Muskelspiralen von Stentor gemacht habe, deren Engelmann, indem er sich auf eine Aeusserung von Schwalbe bezieht, auch gedenkt, in der Meinung, sie widerlegt zu haben. Ich hatte Herrn Schwalbe nur mitgetheilt, dass ich an der contractilen Substanz nichts Doppelbrechendes hätte finden können und ich meine, dies hätte genügt, um Herrn Engelmann, wenn

1) Leydig, Zelle und Gewebe. Bonn 1885.
2) Arch. f. d. gesammte Physiol. Bd. 11 S. 432.

er sich überhaupt auf das von mir so gelegentlich berichtete einlassen wollte, darauf zu lenken, dass er etwas ganz anderes zum Gegenstande seiner Beobachtung genommen habe, als ich, denn die Doppelbrechung des axialen Skelets in dem Stiele von Zoothamnium zu übersehen, was Engelmann mir zutraute, ist einfach unmöglich und sie wird vermuthlich mir, da ich das Object zuerst darauf untersuchte, sogar zuerst bekannt geworden sein. Auch am Stentor war mir die von Engelmann beschriebene Doppelbrechung und die Querstreifung, welche sie erzeugt, sehr wohl bekannt, aber ich war an beiden Objecten zu der Ueberzeugung gekommen, dass nicht das Contractile, sondern im Vorticellenstiel das Elastische und beim Stentor die Hülsen Anisotropes enthielten. Auf die Verhältnisse bei Stentor wage ich ohne erneute Untersuchung nicht wieder einzugehen, aber bei dem Zoothamniumstiele sind gute Gründe vorzubringen, dass nicht das axiale fasrige doppelbrechende Band, sondern der feinkörnig erfüllte Schlauch, der jenes Band erst umgibt und der mit dem letzteren den innern Stiel in der steiferen, weit abstehenden Hülse bildet, das contractile sei; und diese feinkörnige durchaus protoplasmatische Masse ist einfachbrechend.

Wir hätten also in dem Stielmuskel der Vorticellen eine Sarkoglia vor uns mit einer von derselben umschlossenen elastischen und doppelbrechenden Fibrille, und dies könnte das Schema oder die äusserste Vereinfachung der Muskelfaser darstellen. Was bei der Vorticelle die Spiralform des elastischen Axenstabes im Verein mit der ebenfalls elastischen Hülse leistet, das könnte in der gestreiften Muskelfaser die überaus complicirte Schichtung der Rhabdia übernehmen, ganz abgesehen von den Vortheilen, welche die Durchwirkung der elastischen Rhabdia mit der contractilen Glia für ein promptes Arbeiten der ganzen Maschine zu gewähren vermag. Wird es doch allmählich immer mehr bekannt, von wie grossem Einflusse die Anhäufung der Sarkoglia zu gröberen Zügen einerseits und deren Auflösung in ein feinstes Strickwerk andererseits auf die Geschwindigkeit, Arbeit und Nachhaltigkeit der Muskelcontraction ist. Die rothen gliareichen Muskeln der Säuger und einiger andern Thiere bewegen sich träger und mit andauernderer Kraft als die weissen schnellzuckenden und leicht ermüdenden, ebenso die gliösesten Fasern der lang-

sam zugreifenden beharrlichen Krebsscheere verglichen mit den feineren, kernärmeren des klappenden, bald erlahmenden Krebsschwanzes[1]).

Dass endlich dem Muskel Elasticität nicht fehle, die ihn nach dem Erlöschen seiner Energie wieder streckt, ist ausser Zweifel, obgleich es bekannt ist, dass er ohne Dehnung durch Zug oder durch sein eigenes Gewicht, seine Ruhelänge, richtiger gesagt, die ihm einmal schon durch Zug ertheilte Länge nicht wiedergewinnt. Ich habe dies bekanntlich gezeigt, indem ich den parallelfaserigen Froschsartorius auf Quecksilber liegend tetanisirte und nach dem Einstellen der Reizung sich so wenig wieder verlängern sah, dass er aussah, wie wenn er im Tetanus verharrte, und ich habe in dem M. gracilis des Frosches kürzlich ein noch geeigneteres Object für diesen Versuch gefunden. Es ist aber trotzdem eine kleine Verlängerung nach dem Tetanus immer wahrzunehmen, und wer die rhythmischen Zuckungen und Biegungen des Sartorius kennt, wenn man denselben bei dem Hering'schen Experimente nach Anlegung eines Querschnittes in physiologische Kochsalzlösung versenkt, könnte diesem Muskel selbst ein grösseres Vermögen, sich selbständig zu strecken, zutrauen, als er wirklich besitzt, da hierbei auch antagonistisch und rhythmisch alternirend zuckende Fasergruppen betheiligt sind. Am besten ist es daher, den mit möglichst geringer Reibung, z. B. auf Quecksilber aufliegenden Muskel erst einmal sich zusammenziehen, darauf in Ruhe zu lassen und dann das Experiment zu wiederholen. So findet man, dass er sich abermals verkürzt, wenn auch um ein geringeres, dann aber seine wirkliche, von keiner Dehnung beeinflusste Länge immer wieder gewinnt. Er muss also etwas enthalten, das ihn wieder streckt, wenn die Energie seiner contractilen Bestandtheile Null geworden ist. Die Zukunft mag es lehren, ob dies die Function der Rhabdia ist.

VI.

Anordnung und Formen der motorischen Nervenendigung.

Die Verbreitung der Innervationsstellen an den Muskelfasern hängt so sehr mit dem Verlaufe und der Vertheilung der Nerven

---

1) Vergl. Richet, Arch. de Physiol. norm. et path. 1879 p. 262. 522.

im Muskel, d. i. mit dem, was wir die Nervatur genannt haben, zusammen, dass wir auf diese hier zuerst einzugehen hätten. Da ich selber die Nervatur nur gelegentlich und hauptsächlich experimenteller Zwecke halber verfolgt habe, so darf ich mich in dieser Beziehung mit einem Hinweise auf die ausgedehnten und sorgfältigen Untersuchungen, welche K. Mays diesem Gegenstande gewidmet hat, und auf dessen sehr vollständige literarische Angaben, begnügen. An mehreren hinreichend dünnen Muskeln sind diese Beobachtungen jetzt so gut wie abgeschlossen, namentlich seit mit der Nervatur zugleich deren letzte Ausstrahlung sammt den Endgeweihen in Goldfärbung sichtbar gemacht werden konnte, was uns zuerst an den kurzen Intercostalmuskeln des Chamäleon gelungen war. Solche Präparate haben bestätigt, dass die Nervenendigungen wirklich da liegen, wo man sie nach dem mikroskopisch sichtbaren Verlaufe der Nerven bereits vermuthen musste, nämlich zum Theil stark verstreut über die Länge des Muskels, jedoch mit Bevorzugung einer mittleren Region und dann wieder zweier Strecken vor den Enden des Muskels mit auffallend häufiger Nervenlosigkeit der Endstücke selbst. Wo die Nervatur grösstentheils wie auf eine einzige, nahezu die Mitte des Muskels einnehmende sog. Nervenlinie (im Brusthautmuskel, und in einzelnen Abtheilungen im Gastrocnemius des Frosches, z. B.) zusammengedrängt erscheint, liegen auch die Endorgane überwiegend etwa in der Mitte der einzelnen Muskelfasern.

Ebenfalls im Zusammenhange mit der Nervatur und aus dieser fast zu schliessen, steht das Vorkommen mehrfacher Nervenendigungen an einer Muskelfaser, das jedoch an in toto vergoldeten Muskeln nur dann mit aller Schärfe nachweisbar sein wird, wenn der Muskel dünn und locker genug gefügt ist, um viele Muskelfasern ohne Irrthum von einem Ende bis zum andern zwischen ihren Nachbarn verfolgen zu können. Ich besitze einen so beschaffenen vergoldeten Intercostalmuskel vom Chamäleon seit Jahren in Balsam conservirt, an welchem unter mehreren hundert Fasern keine mehr als eine Nervenendigung besitzt. Soll der Nachweis des Gegentheils, von dem wir ja wissen, dass es vorkommt, geführt werden, so ist Isolation der Muskelfasern, wenn möglich in ihrer ganzen Länge nöthig und ich habe denselben auf diese Weise schon 1862 für den

Sartorius des Frosches geliefert. Für andere Muskeln und auch für die der Amphibien ist derselbe von Tschiriew u. A. bestätigt, am vollkommensten kürzlich durch G. Sandmann[1]), der die vorerst auf chemischem Wege isolirten Muskelfasern vergoldete. Seit die Arbeit von Sandmann, deren Inhalt zunächst durch ein Preisurtheil von du Bois-Reymond bekannt geworden war, publicirt ist, sehe ich, wie vollkommen dieselbe in der That meine älteren Angaben bestätigt. Es sind nicht etwa atypische, embryonale oder feinen marklosen Fasern entstammende Endgeweihe, sondern lauter typische, zum Theil weit aus einander liegende Geweihe, wie ich sie auch gefunden hatte, deren Sandmann mehrere (zwei bis acht) an sehr vielen Sartoriusfasern beschreibt. Ueber die dazu verwendete Vergoldungsmethode wird die Bemerkung erwünscht sein, dass sie wohl zum Ziele führt aber keineswegs häufig und beharrlicher Wiederholung bedarf, damit man ihr nicht misstraue. Es wäre wünschenswerth, dieselbe zu verbessern, um endlich über die Häufigkeit der mehrfachen Nervenenden in langfaserigen Muskeln besser unterrichtet zu werden, als wir es heute sind; denn was beim Frosche so oft gefunden wurde, und ohne Zweifel bei den übrigen Amphibien ebenso oft vorkommt, erscheint uns nach den wenigen von Sandmann für die Säuger und von mir für die Reptilien angegebenen gleichen Befunden vielleicht nur deshalb als Rarität, weil wir zu kurze Muskeln untersuchten und die angewendeten Methoden noch nicht genügen, um die längeren Fasern, namentlich der grossen Muskeln der Säugethiere im isolirten Zustande darauf absuchen zu können.

Ueber die Orientirung der Innervationsstellen an der Muskelfaser ist hinzuzufügen, dass gewisse Ausnahmen von den erwähnten Regeln vorkommen. Mays fand die Nervenlinie mit fast allen Endgeweihen im M. retractor bulbi des Kaninchens sehr nahe an das eine Muskelende gerückt und ich habe die Nervenendigung in der grossen Mehrzahl der kürzesten Fasern des Schwanzes von Lacerta agilis fast unmittelbar neben deren Sehnenansatze gefunden. Die Fasern, von welchen dieses gilt, haben eine Länge von 1—½ mm

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1885 S. 240.

und weniger[1]) und empfangen die Nerven wie aus ihren Sehnen. Es genügt, die letzten Schwanzglieder in Osmiumsäure, 33proc. Alkohol, oder in dünnen Chromatlösungen gründlich zu zerreissen und zerfasern, um sich von diesem Verhalten zu überzeugen. Man findet dann Sehnenstücke, aus welchen die markhaltigen Nervenfasern heraustreten zu den, wie die Körner einer Aehre treppenartig ansitzenden Muskelfasern und diese zeigen am Nervenansatze in der Regel einen stark hervortretenden, bruchsackartigen Nervenhügel, der nicht zu übersehen ist. Vollkommener erkennt man begreiflich die Nervenendigung, und zwar mit dem Geweih, am vergoldeten Objecte, das durch Behandeln der Länge nach aufgespaltener Schwanzstückchen unschwer zu gewinnen ist. In diesen weicheren Präparaten pflegen sich die kleinen Muskelfasern durch den Druck des Deckglases radiär um den gemeinsamen Sehnenursprung anzuordnen und es kann daran der Anschein entstehen, als ob die Nervengeweihe wirklich am Ende der Fasern, zwischen der Sehne und dem Muskelansatze lägen. Die Geweihe nehmen aber niemals die schräge Endfacette der Muskelfaser ein, sondern liegen im äussersten Falle an der letzten seitlichen Strecke des Sarkolemms. In allen Fällen, wo ich im Stande war, die Form des Muskelfaserendes, d. h. die schräge Endfacette zu erkennen, und solcher Fälle gab es sehr viele, habe ich den Nervenhügel, wenn er auch nur nahezu endständig lag, constant an dem stumpfen Winkel der Zuschärfung gefunden, ein offenbar gesetzmässiges Verhalten, das ich z. B. auch bei den Muskeln von Hydrophilus fand, die sich schräg an Chitinsehnen ansetzen.

Bevor wir auf den hypolemmalen Antheil des Nerven eingehen, bleibt noch einiges über den epilemmalen zu erörtern. Derselbe ist im Allgemeinen markhaltig; die Markscheide kann jedoch in verschiedener Entfernung vom Endgeweih verloren gehen und es kommt dies bei allen Thieren vor. An den mit typischen Stangen-

1) So kurze Fasern, wie die fast einer quergestreiften Zelle gleichenden, geradezu elementaren kleinsten Muskeln des langen spitzen Schwanzendes von Lacerta viridis (vergl. Virchow's Arch. Bd. 29 S. 433 u. Taf. XIV Fig. 7) scheinen bei Lacerta agilis und L. muralis nicht vorzukommen.

geweihen versehenen Fasern des Frosches habe ich dies zwar niemals gesehen, wohl aber wie zuerst Engelmann beim Salamander, bei den Tritonen [1]) und bei den Kröten. Für die atypischen Geweihe ist die Marklosigkeit in den präterminalen Strecken beinahe die Regel und sie scheint sehr häufig für die ganzen Fasern zu gelten, insofern man dieselben marklos weit nach rückwärts verfolgen kann. Vielleicht sind dieselben noch in den Stämmen und überhaupt bis zum Centralorgan hin markfrei. Bei den Reptilien und Säugern habe ich die für diese Thierklassen typischen Endgeweihe immer aus markhaltigen Nervenfasern entspringen sehen, die atypischen und kleineren Geweihe der Reptilien dagegen vorwiegend aus marklosen. Bei den ersteren sieht man zwar zuweilen aus dem epilemmalen „Endbusche“ eine oder mehrere kurze marklose, ebenfalls epilemmale feine Wurzeln abzweigen, es sind dies aber häufig gerade die Wurzeln, aus denen ein Stück des Geweihes entspringt, das entweder als atypisch zu bezeichnen ist oder sich durch Kleinheit und leichten Uebergang in die Dolden- oder Beerenform den atypischen nähert.

Zu den atypischen Geweihen der Reptilien (besonders beim Chamäleon) begeben sich nicht selten ganze Bündel oder Plexus markloser Fasern, deren viele gesondert in ein einziges Geweih eintreten und kurz vorher zu einem lockeren anscheinenden Netze aus einander fallen. Aus dem Netze zweigen dann wieder Bündel feinster blasser Fibrillen ab, um auf lange Strecken weiter durch den Muskel zu neuen ähnlichen Geweihen zu verlaufen. Merkwürdigerweise sieht man diese Bündel sich gelegentlich wieder zu einem oder ein paar gewöhnlichen markhaltigen Nerven umwandeln, und da aus diesen letzteren wieder ebensolche markfreie Bündel peripherisch hervortreten können, so geniesst man des interessanten Anblicks kurzer markhaltiger Fasern, die sich nach zwei Richtungen marklos auffasern.

Wo ganze Bündel feinster Nervenfibrillen getrennt durch das Sarkolemm zu einem Endgeweih treten, muss man sich fragen, ob diese Fibrillen aus einer einzigen weiter rückwärts gelegenen Nerven-

---

1) Bestätigt von Tschiriew a. a. O.

faser durch Theilung hervorgegangen sind, oder wirklich ebensovielen Individuen von Stammfasern angehören. In vielen Fällen habe ich den Urprung des Bündels aus einer markhaltigen Faser nachweisen können, in andern dagegen nicht, da eine oder mehrere der Fibrillen recht weit und bis an die gröberen Stämmchen der Nervatur zu verfolgen waren, wo die weitere Untersuchung aufgegeben werden musste. Man wird die Möglichkeit des mehrfachen Ursprungs eines Endgeweihes aus mehreren centralen Wurzeln demnach im Auge behalten müssen, um so mehr, als wir ja gar nicht wissen können, ob die im Axencylinder einer gewöhnlichen markhaltigen Nervenröhre vereinigten Fibrillen wirklich als eine physiologische Einheit aus der Ganglienzelle in den vorderen Hörner der grauen Substanz des Rückenmarks hervorgehen.

Die Fibrillenplexus unmittelbar vor einem Geweih machen, wenn sie weiter verlaufende Bündel abgeben, schon stark den Eindruck von mit Endgeweihen versehenen Einschaltungen: es sieht so aus, als ob nicht nur Fasern in das Geweih eintreten, sondern auch wieder aus demselben heraustreten könnten, oder wie wenn mehrere Geweihe durch nervöse Brücken miteinander verbunden würden. Solche Verbindungen sind zuerst von Arndt[1]) behauptet worden, und wir wollen diesem Autor die Priorität seines Fundes lassen, obgleich er niemanden überzeugte und obgleich Bremer, der unter Waldeyer's Leitung dasselbe wieder fand, sich, wie ich glaube, mit Recht gegen die Gemeinschaft seiner thatsächlichen Unterlagen mit denen Arndt's verwahrte. Die Thatsache des Wiederheraustretens von Nerven aus den Endgeweihen ist ohne Frage richtig und sie kommt, obschon selten, in verschiedener Weise zur Anschauung. Etwas dahin gehöriges ist z. B. das Austreten von ziemlich dicken Fortsätzen aus dem Geweih, die in hohem Bogen vom Muskelrande hervorragen, um bald darauf wieder unter das Sarkolemm zurückzukehren und daselbst einen neuen Geweihlappen bilden. Zweitens gehört hierher das Austreten eines Geweihfortsatzes, der sogar den halben Umfang der Muskelfaser umschlingt, auf dieser Strecke unter nachweislicher Mitnahme des Telolemms in Gestalt der Schwann'schen Scheide

1) Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 9 S. 481.

und mit einem Kerne ausgestattet, auch wieder von einer Markscheide umhüllt wird und vom gegenüberliegenden Profilrande der Muskelfaser eintritt, um dort in Gestalt eines neuen, ganz typisch geformten Geweihes zu enden. Bedeutsam und in voller Uebereinstimmung mit Bremer's Angaben ist der mir (jedoch nur einmal) vor Augen gekommene (vergl. Taf. H Fig. 120) Fall, wo ein Geweihast die Muskelfaser weit entfernt von dem epilemmalen Nervenende verliess, wieder Mark- und Schwann'sche Scheide annahm und nach querem Verlauf über die nächste Muskelfaser zur dritten folgenden Muskelfaser ging, um in dieser mit einem neuen prächtigen Geweih zu enden. Diesen und die übrigen Fälle habe ich bis jetzt übrigens nur beim Chamäleon und bei den Eidechsen beobachtet.

Es liegt in der Natur der Sache, dass man die Verbindungen von Muskelfasern durch nervöse, beiderseits in Endgeweihen wurzelnde Brücken nur selten zweifellos feststellen wird, da sie in den Präparaten um so mehr verloren gehen müssen, je besser die Muskelfasern darin aus einander gelegt sind. Ich zweifle aber nicht, dass die Bedenken dagegen um so mehr schwinden werden, je grössere Erfahrung und je reichere Anschauung man sich auf diesem Gebiete verschafft und dass namentlich das Studium vergoldeter embryonaler Muskeln auch die anscheinende Paradoxie der gegenseitigen Geweihverbindungen heben wird. Zu demselben Zwecke kann ich das Studium gut vergoldeter Salamandermuskeln empfehlen, an denen man überraschend häufig ein Uebergreifen der langen Perlschnurgeweihe mittelst kurzer, am Ende mit Anschwellungen versehener Quasten, quer von einer Muskelfaser zur andern sieht. Natürlich denke ich nicht daran, diese Bilder, die man ja selbstverständlich nur von hart an einander gedrängten Muskelfasern erhält, in einer so wichtigen Angelegenheit für beweisend zu halten, sondern ich möchte nur für weitere Untersuchungen die Aufmerksamkeit darauf lenken.

Die epilemmalen Wurzeln der Endgeweihe.

Soweit die Nervenendigung bei den Wirbelthieren bekannt ist, scheinen überall Endgeweihe mit mehreren epilemmalen Wurzeln vorzukommen, und da diese (von den vorhin erwähnten selteneren

Fällen abgesehen) aus einer einzigen, freilich sehr häufig schon durch Theilung aus andern Fasern hervorgegangenen Stammfaser, welche sich bis zur zugehörigen Muskelfaser erstreckt, entspringen, so ist der Innervationsort durch die bekannten, in der Mehrzahl der Fälle markführenden, verzweigten Endbüsche ausgezeichnet. Am reichsten verzweigte Endbüsche kommen beim Frosche vor; ich habe dort solche mit bis zu zwölf und mehr, zuweilen sehr durch einander verschlungenen Aesten gefunden. Bei den Tritonen, Salamandern, Kröten, Schildkröten und Vögeln sind die Endbüsche viel weniger reich verzweigt, ja einwurzelige Endgeweihe häufig; oder es geht der epilemmale Nerv glatten Laufes quer über die Muskelfaser weiter und versorgt dieselbe nur in der Weise mit einem mehrwurzeligen Geweih, dass er seitlich abgehende, sofort marklos werdende Aeste in sie senkt. Bei den Eidechsen und Schlangen scheint ein grosser Theil der Geweihe und bei den Säugern die Mehrzahl nur eine Wurzel zu haben; aber es kommen auch bei den letzteren solche mit zwei, drei und mehr Wurzeln und keineswegs als Ausnahmen vor. Die längeren gestreckten Geweihe der Reptilien pflegen aus den reichsten Endbüschen hervorzugehen.

Etwas dem seitlichen Hervorspriessen von Geweihästen aus markhaltigen Nervenfasern (welche an diesen Stellen immer Einschnürungen besitzen) analoges kommt bei allen Thieren vor und wurde von mir schon lange von den Reptilien beschrieben, später für die Eidechsen von Ranvier bestätigt; ich habe es auch vielfach bei Säugethieren gefunden (vergl. Taf. N Fig. 270) und z. B. so, dass mit der Muskelfaser parallel verlaufende Nerven, wie im Vorbeigehen einen Seitenast für ein Geweih abgeben. Bei den Reptilien sind derartig entsprungene Antheile des Geweihes oft ausserordentlich klein und einfach gestaltet, mehr kurze Auswüchse der Nerven vorstellend.

Von Ranvier ist meines Wissens zuerst angegeben, dass die markhaltigen Aeste der Endbüsche abgeplattet seien. Ich kann dies nach Querschnitten, in denen etwas vom epilemmalen Nerven quer mitgetroffen war und an welchen begreiflich dann die Nerveneintrittsstelle gewöhnlich fehlte, bestätigen; die Abplattung ist bei den Eidechsen zuweilen beträchtlich (stärker als auf Taf. B abgebildet), aber nicht immer vorhanden.

Fig. 32 und 36 derselben Tafel zeigen noch ein anderes Verhalten, das Interesse hat, nämlich, dass solche Querschnitte markhaltiger Nerven auch wie eingefalzt in der Kuppe des Nervenhügels liegen, so dass die hügelige Erhebung mit einer Furche versehen erscheint. Dies ist in Uebereinstimmung mit dem, was messende Einstellungsversuche an Aufsichtsbildern frischer isolirter Muskelfasern und manche Profilbilder nicht nur an Nervenhügeln, sondern auch bei einzelnen Aesten des Endbusches der Stangengeweihe (beim Frosch z. B.) ergeben, und es scheinen demnach sehr häufig Furchen zur Aufnahme sich anschmiegender präterminaler Nervenäste an der Muskelfaser vorzukommen.

Gestalt und Umfang des Innervationsfeldes.

Ich will die dem Geweih zur Basis dienende Fläche des Muskels das Innervationsfeld nennen, eine Fläche also, welche begrenzt wird von den Rändern des Geweihes selbst und von Linien, die man sich als Verbindungen zwischen den Enden der Aeste gezogen denkt.

Betrachten wir diese Fläche vorerst als eine Ebene, welche sie sein kann, aber bei der theils prismatischen, theils cylindrischen Gestalt der Muskelfaser in den meisten Fällen nicht ist, so fallen zunächst die ausserordentlichen Unterschiede der Ausdehnung daran auf. Die grössten Felder finden sich bei den gestreckten Stangengeweihen, der Reihe nach beim Salamander, den Schildkröten, den Tritonen, beim Frosche, bei der Kröte und bei den Vögeln, denn die Ebenen sind hier durchaus nicht in dem Verhältnisse ihrer zur Faseraxe parallelen grossen Längsdurchmesser verschmälert und bei der Schildkröte und den Vögeln zuweilen sogar breit genug, um selbst dickere Muskelfasern ganz zu umgreifen, was jedoch nur als eine Ausnahme von der Regel, dass das Innervationsfeld die Muskelfaser im Allgemeinen etwa an einem Dritttheile ihres Umfanges umfasse, anzusehen ist. Ueber die Formen dieser Flächen lässt sich sagen, dass sie im Allgemeinen gestreckte sind, sehr länglich rechteckig, rhombisch aber auch polygonal, häufig mit einspringenden Winkeln und auch blattförmig. Dasselbe gilt für die Basen gestreckter Geweihe der Reptilien und die seltenen Fälle dieser Art bei den Säugern. Bei den „Platten"-Geweihen mit gekrümmten und verschlungenen Aesten

kann die Grösse der Ebene höchstens da, wo diese Formen als atypisch zu bezeichnen sind, also bei den Amphibien, mit denen der Stangengeweihe concurriren; im Uebrigen ist sie stets bedeutend reducirt und meist von mehr abgerundeter Gestalt. Ein knapper Rahmen um die labyrinthischen Geweihe gelegt ergibt jedoch häufig die Gestalt eines Rechteckes, das in der ganz überwiegenden Zahl der Fälle zur Muskelaxe parallel die grösste Länge hat; seltener ein Quadrat; bei stärkerer Abrundung überwiegen die Ellipsen über die Kreise und sind die ersteren mit wenigen Ausnahmen orientirt wie alle länglichen Formen. Wie die absoluten Grössen der Ebene wechseln, zeigen unsere zahlreichen Abbildungen besser, als es durch andere Zusammenstellungen geschehen könnte.

Ueber die im lebenden Muskel vorhandene Beschaffenheit der Innervationsfläche ist aus denselben Gründen schwer zu entscheiden wie über die Gestalt des Querschnittes der Muskelfaser, welche letztere ohne Zweifel wechselt mit der Contraction und der Dehnung, wobei die weichen Fasern in verschiedener Weise auf einander drücken und sich abplatten. An isolirten Fasern sind diese Verhältnisse vollends geändert und ist die Form überdies aus optischen Gründen besonders schwierig festzustellen. Die Untersuchung war deshalb überwiegend auf künstliche Querschnitte angewiesen. Wie wir diese Querschnitte erhielten, ist schon oben (S. 33 u. f.) angegeben und wir haben davon eine sehr grosse Anzahl aus den Muskeln der Reptilien und Säuger auch für den gegenwärtigen Zweck verwenden können.

In diesen Präparaten gibt es immer eine Anzahl kreisförmiger Querschnitte, eine Form, die den feineren Fasern sogar constant zukommen dürfte, und an denselben scheint es sich fast von selbst zu verstehen, dass die Innervationsfläche ein Stück eines Cylindermantels darstellte. Ferner gibt es von dickeren Fasern elliptische Durchschnitte und daran ist uns aufgefallen, dass die Nervenendigung überwiegend am Ende der langen Ellipsenaxe lag. Die dritte Form ist die birnförmige oder die eines verticalen Ballondurchschnittes, unter denen wir uns nur weniger erinnern, an welchen nicht das Geweih die spitze Mündung des Ballons eingenommen hätte. Die letzte Form ohne Winkel, die man antrifft, ist die kreisförmige mit deutlich auf-

gesetzter sichelförmiger Nervenendigung oder, wie es bei dickeren völlig cylindrischen Fasern vorkommt, mit einer in Gestalt einer geraden Sehne gegen den Inhalt abgegrenzten hypolemmalen Nervenmasse. In diesem Falle scheint also wenigstens ein Theil der Innervationsfläche doch eine Ebene sein zu können. Soweit Querschnitte, die, wenn man nicht Schnittserien, welche hier schwer von hinreichend gleichmässiger Färbung und Conservirung herzustellen sind, zur Verfügung hat, immer nur über einen Theil unserer Fläche Aufschluss geben können, uns zu urtheilen erlaubten, ist die Grenze der nervösen Masse auch in manchen andern Fällen eine grade oder annähernd eine solche, namentlich an polygonalen Querschnitten, wo nur die der Geweihwurzel zugewendete Seite einen Kreisabschnitt darstellt.

Bei den eckigen und polygonalen Formen nimmt die Nervenendigung merkwürdig häufig einen der Winkel ein und liegt dieselbe demnach reitend auf einer der Kanten des Prismas; dabei sind unter den Winkeln besonders die spitzesten bevorzugt. Die Nervenmasse selbst lässt aber oft die Spitze des Winkels frei und liegt dann symmetrisch oder unsymmetrisch vertheilt unter dessen Schenkeln; oder man sieht den epilemmalen Nerven sich grade auf den Winkel einsetzen, das Geweih aber, das sich daraus entwickelt, unter den Schenkeln Platz nehmen. Hieraus dürfte sich auch der vielen Beobachtern gewiss bekannte Umstand erklären, dass man an isolirten Muskelfasern den Nerveneintritt so auffallend häufig am Rande der Fasern und so selten auf deren dem Beobachter zugekehrten Fläche sieht, insofern prismatische Muskelfasern sowohl auf dem Objectträger, wie am Deckglase vorwiegend mit einer Fläche anliegen werden und diese in der Minderzahl der Fälle die Wurzel des Geweihs enthält.

Kommen in den geschilderten Objecten auch nahezu glatte und selbst ebene Begrenzungen der unteren Geweihränder vor, so lassen doch namentlich die Querschnitte nicht den geringsten Zweifel über die ausserordentliche Unregelmässigkeit, ja zuweilen selbst papillöse Beschaffenheit der Geweihe gegen die Muskelsubstanz aufkommen, etwas, das sowohl für die Geweihäste wie für die Sohlengranulosa gilt. Ranvier ist deshalb im Unrecht, wenn er dieses Verhalten

bestreitet, wie dies auch schon sehr bestimmt aus dem seit lange angegebenen Vorkommen von Nerventhälern, d. h. Einsenkungen, zum mindesten der Sohlengranulosa in die Muskelfaser hervorging. Ich habe mit guten Gründen in einem 1864 abgebildeten Schema[1]) der Nervenendigung das Geweih als die Rhabdia einbuchtend dargestellt und die später von anderer Seite gewählte Benennung dieses Umstandes als „Nerventhal" hat mir darin ungewollt Recht gegeben. Bei dem Anblicke gewisser Längsschnitte (vergl. Taf. B Fig. 42 u. 43) werden alle Bedenken gegen dieses Verhältniss schwinden.

Wie die Nervendigung die Muskelsubstanz einfurche und buchte, wird ausser von der Dicke und Gestalt des Geweihs auch noch abhängen von der Ausfüllung des Grenzgebietes durch die Granulosa und die Kerne der Sohle. In vielen Fällen trägt die letztere gewiss dazu bei, Lücken zu ebenen und entweder den Geweihbogen (im Querschnitte gedacht) in eine Sehne oder die in die Muskelsubstanz eingedrückte höckerige Fläche in einen glatteren Cylindermantel zu verwandeln. In andern Fällen trägt die Sohle aber selber dazu bei, die Grenze noch rauher zu gestalten (vergl. Taf. B Fig. 39 C). Die Granulosa kann nämlich auch Fortsätze gegen die Muskelaxe vorschieben und neuerdings ist sogar für die Augenmuskeln des Menschen angegeben, dass solche Fortsetzungen der Sohlenglia durch den ganzen Muskelquerschnitt zu verfolgen seien. Obgleich wir an dem Zusammenhange dieser Glia mit der durch das innere der Muskelfaser verbreiteten nicht zweifeln, so glauben wir jedoch in diesem Punkte zur Vorsicht rathen zu müssen, denn die spitzen nach innen gerichteten Gliafortsätze machen leicht den Eindruck von Artefacten, wie von Verschlierungen durch die Messerführung, und bei dem von Flesch[2]) abgebildeten Falle dieser Fortsätze muss ich mich eines Urtheils ganz enthalten, einestheils, weil in der Abbildung von der eigentlichen Nervenendigung, d. h. von dem Geweih gar nichts zu sehen ist, anderntheils wegen der angewendeten Methode, die im Schneiden bereits vergoldeter Muskeln mit einem stählernen Messer bestand, ein Ver-

1) Virchow's Arch. Bd. 30 Taf. IX Fig. 6.

2) Mitthl. der naturforsch. Gesellsch. in Bern, 1884, 1. Heft, vergl. Fig. 4 b.

fahren, gegen welches wir bereits die schwersten Bedenken [1]) geltend zu machen hatten.

Sehr viel lag uns daran, das Aussehen der Stangengeweihe der Amphibien auf Muskelquerschnitten kennen zu lernen, von denen ich mir schon lange hatte sagen müssen, dass sie Canneluren in der Muskeloberfläche erzeugten, da man sie niemals leistenartig über den Muskelrand hervorragen sieht und bei Einstellungsversuchen bemerkt, dass die Muskelsubstanz hart unter dem Sarkolemm unmittelbar zu beiden Seiten neben den Stangen auftaucht. Beim Frosche hat es uns leider nicht gelingen wollen, die Geweihstangen in Querschnitten so zu vergolden, dass Verwechselung mit andern Dingen (Gliastreifen oder Kernsegmenten unter dem Sarkolemm) mit Sicherheit hätte ausgeschlossen werden können, was bei diesen Geweihen wegen der Dünne der Aeste und wegen des Fehlens gliöser Anhäufungen viel ernster zu nehmen war als bei den Reptilien und Säugern. Wir haben uns daher mit einigen vom Salamander erhaltenen brauchbaren Präparaten begnügen müssen. An denselben erschienen vom Nervengeweih nur einzelne scheibenförmige Segmente hart unter dem Sarkolemm, in dunkler Färbung, ausschliesslich nach innen gegen die Muskelsubstanz vorspringend, zuweilen einen mehr oder minder excentrisch gelegenen dunkleren Antheil (die Axialkrume) zeigend. Von den Anhäufungen sublemmaler körniger Glia, die in allen Muskelquerschnitten in Gestalt einspringender Zwickel gefunden werden können, unterscheiden sich die Querschnitte der hypolemmalen Geweihstangen durch ihre scharfe Begrenzung und die nahezu kreisförmige oder auch abgeplattete Form. Man muss das Bild erst in solchen Objecten kennen gelernt haben, an denen der epilemmale Nerv erhalten ist, um es an den begreiflich viel häufigeren Schnitten, welche jenen Nervenantheil nicht getroffen haben, wieder zu erkennen, und es ist dasselbe überhaupt nur überzeugend, wenn mehrere Stangenquerschnitte in den von der Aufsicht auf die unversehrte Muskelfaser her bekannten Abständen unter dem Sarkolemm orientirt auftreten. So gesichert konnten wir durch diese Beobachtungen immerhin den Nachweis führen, dass die Geweihstangen wirklich in Canneluren der Muskelsubstanz eingefalzt liegen.

---

1) Vergl. oben S. 34.

Die Nervenhügel.

Wo das Endgeweih in einem starken Nervenhügel eingeschlossen ist und ein labyrinthisch verschlungenes Convolut bildet, ist von einem die Rhabdia angehenden Innervationsfelde nur insofern noch zu reden, als man einfach die Hügelbasis dafür nimmt, und wenn diese ganz von der Sohlengranulosa eingenommen wird, die ihrerseits mit der ganzen Sarkoglia continuirlich zusammenhängt, so gibt es überhaupt nur noch eine als Innervationsfeld anzusehende Grenzfläche, begreiflich kaum bestimmbarer Art, nämlich die dem Geweih zugewendete Oberfläche der Glia.

Dieser Fall trifft für eine so grosse Zahl motorischer Nervenendigungen zu und hängt so sehr mit der Existenz und Präexistenz der Nervenhügel zusammen, dass denselben, da sie wunderbarerweise auch geleugnet worden, noch eine Erörterung noth thut.

Unsere ganze Kenntniss von der motorischen Nervenendigung hat mit der Entdeckung des Nervenhügels bei den Tardigraden durch Doyère begonnen. Es ist mir immer eine besondere Freude gewesen, dies, nachdem es mir selber zur Kenntniss gekommen, auch in Frankreich zur Anerkennung gebracht zu haben, wie es aus allen neueren französischen Arbeiten hervorgeht, sehr im Gegensatze zu den früheren, in welchen Doyère's Verdienst kaum gewürdigt wurde. Bis zu dem Augenblicke, da ich die eigentliche Nervenplatte (das Geweih) im Hügel bekannt machte, schien in der Anerkennung des „Doyère'schen Hügels“ auch alles gut zu gehen, um so mehr, als mit dem Geweih etwas gefunden war, das den oft recht hohen Hügel auszufüllen vermochte. Weder Rouget noch Engelmann noch Anderen war es bis dahin eingefallen, an der Präexistenz der hügeligen Erhebung unter dem Ansatze des epilemmalen Nerven bei den Reptilien und Säugern, wo dieselbe so leicht zu sehen ist, zu zweifeln; als man aber von dem Homologon des Stangengeweihes der Amphibien, das ich einige Jahre früher gefunden hatte, bei den andern Thierklassen erfuhr, da sollte diese hypolemmale Fortsetzung des motorischen Nerven auch ebenso flach sich verbreiten wie die vom Frosche bekannte und vollends trug die von mir eingeführte Terminologie: „Nervenhügel, Nervenplatte (Geweih) und Sohle“ dazu bei, um eine

Opposition zu erwecken, von der man in Bezug auf den Hügel nur sagen kann, dass sie „den alten Rang, den Raum ihm streitig macht“: der Hügel wurde zur Platte; eine Lehre, die sich bei manchen so eingenistet hat, dass man sogar Autoren, die den Nervenhügel wieder constatirt haben, wie z. B. Ranvier als Autoritäten gegen denselben angeführt findet.

Ein häufig entstandenes Missverständniss ist hier zunächst zu beseitigen. Es ist durchaus nicht und von Niemandem behauptet worden, dass bei den Reptilien und Säugern, um die es sich ganz vorwiegend handelt, keine Nervenenden vorkämen ohne Hügel, sondern im Gegentheil sofort in meiner ersten Publication über die Reptilienmuskeln gezeigt worden, dass deren ausgebreitete, längeren, jetzt sog. Stangengeweihe fast so flach lägen, wie die des Frosches, und dass wesentlich die labyrinthischen (Platten-)Geweihe in mehr oder minder hohen Hügeln lägen. Ebenso einfach ist zu zeigen, dass bei Säugern, wo die Hügel die grösste Höhe erreichen, ebenfalls, obschon viel seltener, flache Nervenendigungen vorkommen ohne Hügel, und dass dies wieder die einfacheren Formen des Geweihes, obschon durchaus nicht sämmtliche betrifft.

Ein zweites Missverständniss ist das von Rouget begangene. Ich hatte zum Beweise der künstlichen Veränderung von Nervenhügeln, in deren Kuppe der Nerv eintrat, und zugleich zum Beweise des festen Zusammenhanges der Nervenscheide mit der des Muskels einen absichtlich stark gedehnten Nervenhügel vom Säuger abgebildet und beschrieben und darin hatte Rouget, der den deutschen Text nicht lesen konnte, den Beweis finden wollen, dass die Nervenhügel überhaupt nicht existirten, sondern immer durch Dehnung erzeugte Artefacte seien.

Das weitere sind nun keine Missverständnisse mehr, sondern unbegründete Behauptungen, die jedoch der Wiederlegung immer noch bedürfen.

1. Ist gesagt, die Nervenhügel entstünden erst durch Dehnung; darauf ist zu erwidern:

a) wo keine Nervenhügel existiren, wie beim Frosch, den Amphibien im allgemeinen, bei vielen gestreckten Geweihen der

Reptilien und in einigen Fällen der Säuger, versucht man vergeblich durch Zug am Nerven oder durch eine Präparation, die solchen Zug befördert, Nervenhügel zu erzeugen;

b) es gibt viele Nervenhügel, wo der Zug an dem Nerven gar keinen Einfluss auf die Kuppe haben kann, weil der epilemmale Nerv nicht am Gipfel, sondern am Rande der Basis des Hügels eintritt; solche Hügel pflegen beim Säuger sogar eine bedeutende Höhe zu haben.

c) die Hügel werden gefunden an Präparaten, deren Nerven durch keine Präparation gedehnt sein konnten, nämlich an kleinen in toto untersuchten Reptilienmuskeln. Dies Argument hat damit bestritten werden sollen, dass schon Quellung der Muskelfaser in Säuren genüge, die nervösen Brücken zwischen ihnen zu zerren; die Hügel werden aber gefunden ebenso hoch und gerade so häufig ohne Anwendung von Säuren oder andern Quellungsmitteln, nämlich an unzerfaserten überlebenden Muskeln.

d) Muskeln mit Nervenenden, die durch Härtung in Osmiumsäure, Chromaten u. dergl. überall und auch am Innervationsorte die Elasticität verloren haben, welche eine Dehnung zuliesse und deren Nerven durch Druck oder Zug zerbröckeln, zeigen die Nervenhügel vortrefflich.

2. Ist gegen das natürliche Vorkommen der Nervenhügel eingewendet, dass man sie an Querschnitten nicht sehe. In dieser Angabe liegt etwas richtiges, das theilweise auch durch unsere Angaben über die Querschnittsbilder (vergl. oben) unterstützt wird. Es bleibt aber hinzuzufügen, was ich schon an anderem Orte [1]) darüber sagte:

„Am Querschnitte der Muskelfaser präsentirt sich der Nervenhügel entweder als sichelförmiger Ansatz oder dadurch, dass sein Inhalt die convexe Seite eines im übrigen gradlinig begrenzten Scheibchens einnimmt; doch kann man im letzteren Falle begreiflich nicht wissen, ob nicht der Muskelfaser dieselbe Gestalt auch über die Innervations-

1) Verhandl. d. naturhist. med. Vereines zu Heidelberg. N. F. III S. 225.

stelle hinaus, ja fast in ihrer ganzen Länge zukomme. Berufung auf den Querschnitt wird daher nicht in allen Fällen zulässig sein, um über die Präexistenz des Nervenhügels zu entscheiden: man braucht nur die Muskelfasern aus Wachs oder Thon nachzubilden und mit den kräftigsten Hügeln zu bekleben, um sich zu überzeugen, wie wenig davon unter Umständen am Querschnitte zu sehen ist, und dass dann nicht dieser Durchschnitt, sondern der Längsschnitt und das Profil maassgebend sind. Jedenfalls müssten es steilere Hügel mit kleinerer Basis als in Wirklichkeit vorkommen, auf verhältnissmässig breiten Muskelflächen sein, welche die Erhebung im Querschnitte deutlicher zeigen sollten.

Selbst an ausserordentlich dünnen Längsschnitten gehärteter Muskeln gelang es, die Nervenhügel ebenso deutlich wie in den bekannten Profilbildern zur Anschauung zu bringen, wenn der Schnitt in die erforderliche Richtung und Ebene gefallen war".

Einer dieser Längsschnitte ist auf Taf. B Fig. 42 abgebildet.

VII.

Die Formen des motorischen Geweihs.

Die motorische Nervenendigung besteht, wo wir sie überhaupt als eine distincte kennen, in nichts anderem, als in einer hypolemmalen Verzweigung des marklosen, nackten Axencylinders, und diese ist das motorische Geweih. Alles, was uns im übrigen am Orte der Nervenendigung bekannt geworden ist: das Telolemm mit seinen Kernen, die Endknospen und die Sohle nebst deren Kernen, kann für die Innervation nur untergeordnete oder gar keine Bedeutung haben, da es theils fehlen, theils der Innervation selbst nicht dienen kann. Ohne Zweifel wird die physiologische Bedeutungslosigkeit in diesem Sinne allgemein zugestanden für die Scheiden und die Kerne jeder Art. Die Endknospen können entweder ganz fehlen, wie so häufig bei den Tritonen, oder grosse Theile des Geweihs können frei davon sein; und wenn wir in der Sohle auch etwas zur allgemeinen Sarkoglia gehöriges erkannt haben, das alle Muskelfasern besitzen, so fehlt doch dasjenige, was wir im engeren Sinne als Sohle bezeichnet haben, nämlich die gliöse Anhäufung

unter, neben oder zwischen dem Geweih, den typischen Stangengeweihen ganz. Dünne Streifchen der Sarkoglia werden freilich auch unter den Aesten der Stangengeweihe kaum jemals fehlen, und wer sich denken will, dass die contractile Substanz vom Nerven nur durch Vermittlung der Glia die Erregung empfange, wird dafür wohl überall morphologische Anhaltspunkte finden. Für die Innervation ist auch dies jedoch zunächst von keinem Belang, da dieselbe nur die Wirkung des hypolemmalen Nerven in's Auge zu fassen hat, einerlei ob auf die Glia oder auf die Rhabdia und unabhängig von der Ansicht, welche man über die functionelle Bedeutung der beiden Bestandtheile des intralemmalen Materials hegt.

Ich habe schon früher die Gründe entwickelt[1]), welche mich veranlasst haben, der Form des motorischen Geweihes mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden, als ihr bisher gewidmet ist und will jetzt das Resultat meiner Bemühungen, in dem anscheinenden Chaos dieser Formen Ordnung zu schaffen und Einsicht in die Grundformen zu gewinnen, woraus sich auch die verwickeltsten ableiten liessen, mittheilen.

Beruht dieser Versuch auch auf einer physiologischen Hypothese, so zweifle ich doch nicht, dass er deshalb in morphologischer Hinsicht nicht unverloren sein wird. Eine sogenannte Erklärung dafür, weshalb etwas organisirtes diese und keine andere Form habe, wird selbstverständlich nur von der Entwicklungsgeschichte zu erwarten sein; denn selbst wenn man den Nachweis erbrächte, dass jede andere Form als die vorhandene, ihren Zweck verfehlen würde, die Nervengeweihe z. B. bei anderer Gestalt den Muskel nicht innerviren könnten, so begriffen wir noch immer nicht, weshalb sie denn diese allein zweckdienliche Gestalt besitze oder wie sie dieselbe erworben habe. Diese naheliegende und in so vielen ähnlichen Fällen oft wiederholte Erwägung nicht zu unterdrücken, finde ich schon in der Umdrehung Anlass, welche dieselbe nicht selten erfahren hat, indem man sagte: diese oder jene Form ist jetzt durch die Entwicklung aufgeklärt, folglich scheint ihre functionelle

1) Verhandl. d. naturhist. med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 2 S. 242 u. f. u. Unters. aus d. physiol. Institut zu Heidelberg Bd. 3 S. 88 u. f.

Bedeutung unerheblich oder nur um so zweifelhafter. Dergleichen ist, wie man einsieht, halbe Arbeit, denn die functionelle Bedeutung einer Form nachzuweisen, bleibt stets noch die Aufgabe besonderer Forschung, wie es in unserem Falle der experimentirenden Physiologie überlassen wird, zu untersuchen, ob die nun gefundene Form der Endgeweihe unerlässlich sei und Bedeutung habe für die Function der Innervation. Dieses Geschäft kann aber erst beginnen, wenn wir die Form kennen und um so besser, nachdem wir sie genetisch erklärt, d. h. als nothwendig oder entstehen müssend erkannt haben, was allerdings schwerlich eher eintreten wird, bevor nicht die Entwickelungsgeschichte selber aufgehört haben wird, eine nach Methode, Inhalt und Ziel rein morphologische Disciplin zu sein. Ob die Form der Nervengeweihe eine nothwendige Folge der Architectur, Structur und Genesis der Muskelfaser sei, das kann diese Form weder functionell bedeutungsvoll machen, noch darüber entscheiden, dass sie es nicht sei, denn möglich bliebe es ja, dass der Innervation mit zahllosen anderen Formen und selbst mit Formlosigkeit auch gedient wäre.

Der Morphologie ist häufig für die Physiologie ein heuristischer Werth, von Einzelnen sogar nur dieser beigemessen worden; es ist mir jedoch sehr wahrscheinlich, dass sich dieses Verhältniss ebenso oft umgekehrt habe, indem wenigstens das Suchen nach Form und Mischung des organisirten von der Kenntniss der Lebensvorgänge oder der Leistung ausgegangen ist. So hat du Bois-Reymond, um gleich etwas hierher gehörendes zu nennen, das hypolemmale Nervenende von der Hypothese aus construirt, dass das natürliche Ende sich einem künstlichen Querschnitte des Nervenstammes gleich verhalte und von der Thatsache der negativen Schwankung des Demarcationsstromes am gereizten Nerven aus, die Hypothese ersonnen, dass jene Schwankung das Mittel sei zur Erregung des Muskels, also identisch mit der Innervation. Uebersetzen wir den ersten Theil der Hypothese nach den Aufklärungen Hermann's, indem wir an Stelle des sog. natürlichen Querschnittes das natürliche Ende der Nervenfaser, an Stelle des Demarcationsstromes Stromlosigkeit und an Stelle der negativen Stromesschwankung den von Hermann gefundenen doppelphasigen Actionsstrom setzen, so zweifle

ich nicht, dass wir heute, um in der Bearbeitung des Problems weiter zu kommen, nur die du Bois'sche Hypothese annehmen könnten, aber unter der Voraussetzung, dass das hypolemmale Nervenende so sei, wie es du Bois schematisirte, nämlich nichts als eine blind endende markfreie hypolemmale Faser. Würden solche (natürlich distincten) Nervenenden an unzweifelhaft innervirten Muskelfasern als einzige nervöse Zugänge und bei sicherem Ausschlusse jeglichen sog. continuirlichen Ueberganges des Nerven zum Muskel gefunden, so dürfte meiner Meinung nach du Bois' sog. modificirte Entladungshypothese, obgleich der Autor sie selber aus anderen Gründen wieder zurückzuziehen scheint, nicht aufgegeben werden, ungeacht unserer heutigen fast absoluten Unkenntniss der Nervenendigung einer grossen und wichtigen Klasse der Wirbelthiere, nämlich der Knochenfische, an denen vielmehr das Urbild von du Bois' Nervenende immer noch entdeckt werden könnte.

Im Verhältniss zu du Bois-Reymond habe ich gemeint, den umgekehrten Weg gehen zu sollen, nämlich, von der Kenntniss derjenigen motorischen Nervenendigung, die klar vor uns lag, ausgehend, zu fragen, in welcher Weise die darin ablaufenden elektrischen Vorgänge gerade bei dieser Form des hypolemmalen Nerven auf die Muskelsubstanz wirken könnten. Da ich nirgends die von du Bois-Reymond supponirte einfachste Form, noch solche fand, die sich ohne Abzug möglicherweise wichtiger Modificationen, auf dieselbe hätten reduciren lassen, wohl aber überraschend einfache Formen, die immer wieder auf die des Bajonetts oder eines ⌶ zurückkamen, so war ich zu der Hypothese gelangt, dass wenn die elektrische Schwankungswelle die Muskelerregung bewirke, es nur unter der durch die Geweihform bedingten Eigenthümlichkeit ihres Ablaufes mit Phasendifferenz in benachbarten Aesten geschehen könne.

Es ist hier nicht der Ort, auf die Vortheile dieser Hypothese vor der du Bois'schen, die den Nachtheil hatte, an sehr unwahrscheinliche erregende Wirkungen der negativen Schwankung des Nervenstromes anknüpfen zu müssen, zurückzukommen, aber eines kann ich hier nicht vorzubringen unterlassen, nämlich die Abwehr einer völlig unrichtigen, weil das wesentliche verschweigenden An-

führung und der darauf allein hin versuchten Abweisung meiner Hypothese. Du Bois-Reymond[1]) erweckt bei diesem Versuche den Schein, als ob ich die Länge der Schwankungswelle von 19^{mm} Raum und 0,00065" Zeitabstand nicht in Anschlag gebracht hätte bei der nach Mikren zu messenden Verschiebung des Vorganges durch die anatomischen Verhältnisse der Endgeweihe, während ich diesem Umstande in der von du Bois-Reymond citirten Abhandlung[2]) (S. 129) ausdrücklich folgende Ausführung gewidmet habe:

»*Alle vorkommenden, auf die Phasendifferenz der Schwankungswelle zielenden Maasse sind auf die von Bernstein angegebene Form und Länge der Wellen bezogen, augenscheinlich sehr klein, jedenfalls niemals auch nur annähernd solcher Grösse, dass in einem Aste irgend beträchtlichere Stücke der Welle ablaufen könnten, die in der Parallelfaser keine Begleitung fänden. Von der den Maassen des Grundschenkels entsprechenden Verspätung der Erregungswelle in der peripherischeren Parallelfaser ausgehend, kann man nur sagen, dass die Schwankungswelle sehr steil sein müsse, um genügende elektrische Differenzen an den betreffenden Stellen der Parallelfasern zu erzeugen und dieser Forderung scheint Bernstein's Darstellung, in welcher der Anfangstheil fast senkrecht abfällt, durchaus zu entsprechen*".

Es kommt also nach meiner Darstellung nur insofern auf die Länge der ganzen Welle an, als diese (von Phasendifferenzen vorerst abgesehen) den gleichzeitigen Ablauf der Welle in benachbarten Geweihästen überhaupt sichert, im übrigen aber liegt so gut wie nichts an der absoluten Länge, sondern kommt es nur auf die Form der Welle an, und darauf, dass dieselbe irgend welches sehr steile Stück enthalte, was nach Bernstein's[3]) Angaben für den ansteigenden Theil auch zutrifft. Wie steil dieses Stück sei und ob es nicht zum Theil fast senkrecht sei, darf man sich auch nach Bernstein's Bestimmungen, die im ansteigenden Theile nur einzelne Abscissenlängen bis zum Gipfel feststellen, noch gar nicht getrauen zu ermessen.

Von dieser Seite her gibt es also keinen Einwand gegen die Hypothese, der uns von ihrem Gebrauche zu ferneren Untersuchungen

---

1) du Bois-Reymond: C. Sachs, Unters. am Zitteraal u. s. w. S. 416 u. 417.

2) a. a. O.

3) J. Bernstein, Unters. über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem. Heidelberg 1871. Vergl. Fig. 3 S. 29 u. Fig. 4 S. 32.

abhalten könnte und noch weniger ist die andere Einrede du Bois-Reymond's[1]), dass sie „ohnehin nur auf Amphibien passen würde" zu beachten, da diese Bemerkung nicht nur die Hauptsache, sondern alles ignorirt, was ich in meiner andern, wiederum von du Bois-Reymond citirten Abhandlung[2]) auf fast zwei Seiten von der Uebereinstimmung des Schemas der Nervengeweihe aller Thiere in Hinsicht auf die der Amphibien und auf die Hypothese sage. Wie ich denke, wird das folgende noch überreiches Material bringen, um auch du Bois-Reymond von dieser merkwürdigen Gemeinsamkeit aller Geweihformen zu überzeugen; denn unsere Hypothese hat sich inzwischen fruchtbar erwiesen, indem wir von ihr aus auch für die bisher ungenügend entwirrten Geweihformen eine Reduction in der Natur gesucht und gefunden haben.

Methode der Untersuchung.

Wie früher, habe ich mich auch für unsere jetzigen Zwecke der Versilberung der Muskelfasern nach Cohnheim bedient, hauptsächlich jedoch der Vergoldung. Die Versilberung schlägt nur beim Frosche und bei der Kröte gut an, sehr viel schwieriger beim Salamander und Triton, gar nicht, nach meinen oft wiederholten Versuchen, bei den Säugern, dagegen ziemlich gut bei den Reptilien und zuweilen bei den Muskeln der Vögel. Die Vergoldung wurde mit allen früher schon erörterten Methoden geübt, da es zur Feststellung der Formen des Geweihes weniger auf die Structurverhältnisse als auf das deutliche Hervortreten sämmtlicher Geweihäste ankam, eine Aufgabe, welche so sehr die Hauptsache blieb, dass man z. B. bei der Auswahl der Objecte für die Abbildungen auch auf Erledigung der Frage, ob das Goldbild die Aeste in toto oder nur deren Axialbäume zeigte, meist verzichten durfte. Wo unsere Abbildungen die dickästigen Formen zeigen (besonders von den Säugern) ist übrigens unbedenklich Totalfärbung anzunehmen.

---

1) a. a. O. S. 417.

2) Verhandl. des naturhist. med. Vereins zu Heidelberg Bd. 2 S. 244 und 245.

Die Vollständigkeit der Geweihfärbungen wird meist verbürgt durch den Reichthum der Verästelung und einen gewissen Abschluss derselben zu einem abgerundeten Innervationsfelde. Bei den ärmeren Gestalten ist immer Vorsicht nöthig, um nicht durch Fehler des Verfahrens zu einfach erscheinende Geweihe mit in Wahrheit astreicheren zu verwechseln und es kann hier nur grosse Erfahrung helfen. Trifft man auffallend einfache Formen in grosser Anzahl immer wieder an und besonders in gewissen Muskeln, bei den Säugern z. B. in den Intercostalmuskeln, im Gegensatze zu denen der Extremitäten, so darf man sich dabei beruhigen, während seltene Ausnahmsformen überall verdächtig bleiben. So möchte ich z. B. nicht dafür stehen, dass die auf Taf. N Fig. 212, 213, 214[a], 215 dargestellten Endgeweihe vom Kaninchen, die unter gewiss mehr als tausend Objecten derselben Muskeln als einzige Ausnahmen gefunden wurden, vollkommen vergoldet gewesen, während ich nach fünfjähriger Durchmusterung ungezählter derartiger Objecte glaube, volle Garantie für die übrigen und namentlich für die am einfachsten gestalteten übernehmen zu können. Nach längerer Beschäftigung und immer mehr erworbener Routine in der Goldbehandlung habe ich es mir zur Regel gemacht, keines der verdächtigen Präparate ungezeichnet zu lassen und ich kann versichern, gerade diese sämmtlich in die vorliegenden Abbildungen aufgenommen zu haben, in wie geringer Zahl sie sich darunter auch präsentiren; dies bitte ich besonders bei den seltsamsten und jedenfalls ungemein seltenen Figuren, z. B. von Tafel G Fig. 80, 81, 82, 86 zu berücksichtigen, welche aufgenommen wurden, um die crassesten Abweichungen von der Regel nicht zu unterdrücken.

Wird man bei grosser Uebung in der Goldmethode kaum mehr verdächtigen Bildern begegnen, so gilt für die Silbermethode fast das Gegentheil, obschon aus leicht ersichtlichen Gründen, da die Versilberung nicht in die Tiefe dringt, und alles, was dem Reagens keine freie Oberfläche darbietet, unsichtbar bleibt. Es brauchen nur zwei Muskelfasern mit einem Theile ihres Innervationsfeldes gegen einander zu liegen, um von beiden nicht mehr als Stücke des Geweihes sichtbar werden zu lassen. Daher erklären sich unsere in anscheinender Uebereinstimmung mit du Bois-Reymond's Hypothese stehenden Figuren auf Taf. Q (Fig. 302 links, 323, 324 oben),

die einfachen T-Formen und ähnliche unvollkommene Ausführungen des Geweihes.

Um die verschlungensten Formen zu entwirren, habe ich in Ermangelung eines chemischen, die vergoldeten Geweihe isolirenden und entfaltenden Mittels, zu dem einzig übrig bleibenden der mechanischen Gewalt gegriffen. Dasselbe ist sehr einfach, glückt in vielen Fällen, wenn die Goldpräparate durch längeres Liegen in Glycerin und Ameisensäure stark erweicht sind und schädigt, wenn man es nicht übertreibt, unerwarteterweise die Geweihe längst nicht in dem Grade wie eine unzweckmässige Vergoldung. Geweihe, in denen die Goldmethode vorher keine klumpigen Abschnürungen, künstliche Beeren u. dergl. erzeugt hat, weisen davon auch nichts auf nach dem Quetschen und wenn man sie gänzlich zerquetscht hat, so sind es ganz andere Formen, die sich bilden, namentlich halbmondförmige dunkle Klumpen aus dem Axialbaume, die sich in Ausbiegungen des Stroma unter dessen Ränder legen. Selbst dabei reissen jedoch nur selten Stücke der Aeste ganz ab. Das Quetschen soll mehr in einem Auswalzen als in starkem Drucke bestehen und wird am besten erreicht, indem man das weiche Goldpräparat mit dem sauren Glycerin in eine frisch aufgespaltene Glimmerplatte fliessen lässt, die man darauf mit einem zum Tampon gedrehten feinen Tuche reibt. Dasselbe lässt sich, obschon weniger gut, unter dem gewöhnlichen Deckglase erreichen.

Dieses Verfahren, das etwa auf dasselbe hinauskommt, wie wenn man sich durch Ausbügeln eines Jabots oder eines sog. „Plissé"-Haufens den Zuschnitt des Stoffes, woraus solche Dinge gemacht worden, klar machen wollte, wurde sowohl auf die mässig complicirten Geweihe wie besonders auf die mit Anastomosen versehenen (von der Eidechse) angewendet und hat in beiden Fällen bemerkenswerthe Resultate ergeben. Bei allem Misstrauen gegen die Gewaltsamkeit der Methode, worin Niemand beschränkt zu werden braucht, muss es doch auffallen, wenn man z. B. aus vorher verschlungenen und keineswegs länglichen Gestalten nach dem Ausplätten auf einmal Figuren wie Nr. 131—139, 141 und 142 hervorgehen sieht, d. h. nur durch einige Falten und Vorsprünge von den gewöhnlichen Stangengeweihen der Amphibien

unterschiedene Formen, oder wenn man aus Geweihen mit unauflösbaren Anastomosen, wie in Fig. 153 etwa, so übersichtliche wie die von Fig. 154 und 155 erhält. Mich haben diese letzteren Fälle überzeugt, dass es in der That Scheinanastomosen in den Geweihen gibt, erzeugt durch Ueberkreuzung einzelner Aeste, wie denn auch nicht wenige unserer Abbildungen solche Anastomosen zeigen, deren Auflösung ohne Willkür gelingen dürfte. Wie früher schon erwähnt wurde, fanden wir schliesslich auch an vergoldeten Muskelquerschnitten Durchschnitte von Geweihästen, die über einander lagen, wie es die Ueberkreuzung fordert.

Hiermit wünsche ich indess keineswegs gesagt zu haben, dass wirkliche Anastomosen nicht vorkämen; ich bleibe vielmehr überzeugt davon und habe niemals verstanden, wie dieselben überhaupt geleugnet werden konnten, obwohl ich mir so gut wie jeder andere zu sagen wusste, dass sie der Nervenphysiologie unbequem seien. Unverständlich war die Zurückweisung der Anastomosen besonders bei denen, die sie abbildeten, wie bis in die neueste Zeit noch Gessler[1]) z. B. und zwar zu Dutzenden, ohne dabei zu sagen, an welchen Stellen man sich statt Abzweigungen Kreuzungen zu denken habe; unverständlich andererseits, wie man dazu kam, die Anastomosen in den Abbildungen durch ganz willkürliche Schraffirung oder Schattirung, wovon an den Goldpräparaten nicht einmal Andeutungen zu sehen sind, etwa so in Kreuzungen aufzulösen, wie wenn man die Tiefendimension im Geäste eines Baumes hätte bildlich andeuten wollen. Ranvier, dem wir solche Darstellungen verdanken[2]), hat übrigens später seine Opposition aufgegeben und das Vorkommen der Anastomosen jetzt ausdrücklich anerkannt[3]); nur sind wir dabei nicht sicher, ob er sich von den hier gemeinten Anastomosen der Geweihäste oder von den inneren Anastomosen, welche durch Dehiscenzen im Axialbaum, den er nicht kannte, innerhalb eines Geweihastes entstehen können, hat leiten lassen.

Bei der Häufigkeit der Anastomosen, namentlich in den Geweihen der Eidechsen, ist es jedenfalls gewagt, sie sämmtlich auf Ueber-

1) H. Gessler, Die motorische Endplatte etc. Leipzig 1885.
2) Traité technique d'Histologie S. 831 Fig. 277 rechts.
3) Ibid.

kreuzungen zurückzuführen, so lange dagegen noch gewisse Thatsachen sprechen. Erstens gelingt es in einer Reihe von Fällen selbst durch das Ausplätten nicht, sie fortzubringen, und zweitens sind die mehrstöckigen Geweihe nach Aussage der Querschnitte unverhältnissmässig selten. Beides kann freilich nicht als bindend oder die Frage abschliessend angesehen werden, denn bei den Querschnitten könnte der Zufall mitgespielt haben, indem man die geeigneten Geweihe oder die Ebene der Pseudoanastomosen verpasste und bei dem Ausbügeln könnte Verklebung statt Entfaltung eingetreten sein. Um dem Leser zu zeigen, welch unwissenschaftlicher Willkür man sich aber schuldig machen würde, falls man die Kreuzungsstellen nach Wahrscheinlichkeit oder in Rücksicht auf Bequemlichkeit und Einfachheit aussuchte, habe ich eine grössere Zahl von anastomosirenden Geweihen abgebildet, von denen ich überzeugt bin, dass nicht zwei Beschauer sie ohne Streit aufzulösen versuchen würden: es würde ihnen gehen wie Leuten, welche aus der in der Dämmerung auftauchenden Silhouette eines ihnen unbekannten Baumes ohne Aenderung des Standpunktes die räumliche Anordnung seiner Aeste zu construiren unternähmen.

Seit die Goldmethode das Erkennen der Nervengeweihe so sehr erleichtert hat, tauchen auch Angaben über Anastomosen selbst an den Stangengeweihen des Frosches, noch mehr an dessen atypischen Geweihen auf. Bremer ist für dieselben eingetreten. Die Einfachheit der Formen und die geringe Dicke der Aeste lassen hier in der Regel keine Zweifel über das, was man unbedenklich für Kreuzungen nehmen dürfe und man sollte deshalb um so mehr annehmen, dass man sich über wirkliche Anastomosen nicht irren könne. Ich muss aber doch auf die nicht seltenen Fälle aufmerksam machen, wo die Entscheidung sehr schwierig ist. Bei den Präparaten von Fig. 44 Taf. C z. B. sind mir die Stellen *a* und *a'* mit den denkbar seltsamsten Anastomosen lange zweifelhaft geblieben, bis ich sie durch Wälzen der Faser aufzulösen vermochte. Das hypolemmale Ende *a'* hatte sich endlich ein wenig unter dem epilemmalen verschoben, so dass man es als freies Ende erkannte, aber noch in unserer Zeichnung bedarf es der ausdrücklichen Erklärung, dass *b'* die Fortsetzung von *b* ist, folglich *b* nicht mit *S* anastomosirt. Aehnlich

ging es mit der Stelle a'', wo ein hypolemmaler Ast in seine eigene epilemmale Wurzel zurückzukehren schien. Kommen solche Täuschungen schon vor an den einfacheren gestreckten Formen, so darf man sie bei den krummästigen und dadurch in der Regel schon complicirteren Geweihen nur noch häufiger erwarten und wird ihre Auflösung um so schwieriger, wenn nicht unmöglich werden.

Grundformen der Geweihe.

Wir beginnen die Betrachtung mit einigen Verneinungen.

1. Das Geweih ist niemals auf einen einzigen geraden Ast reducirt, noch auf die Gestalt eines rechtwinkligen oder schrägen T. Nur Theile eines Geweihes, die insofern selbstständig erscheinen, als sie eigene epilemmale Wurzeln haben, können in dieser Weise reducirt sein. Gewöhnlich fügen sich solche Fortsätze in das System aus andern Wurzeln stammender, sie parallel begleitender Aeste ein; es kommen aber auch Fälle vor, wo sie ein Ende des Innervationsfeldes isolirt einnehmen, gerade so wie dies für einzelne ohne Begleitung durch andere Aeste vorspringende Aeste des ganzen Geweihes gilt.

Die einzigen mir an gut vergoldeten Objecten zur Beobachtung gekommenen Ausnahmen, bestehend in einem T mit epilemmaler Wurzel (Fig. 98) oder mit einer einzigen rechtwinklig abbiegenden Faser (Fig. 94) habe ich abgebildet (vergl. Taf. H). Bei solcher Seltenheit des Befundes ist trotz starker Goldfärbung ein Fehlschlagen der Differenzirung durch die Färbung an in Wirklichkeit doch vorhandenen Paralleläasten nicht ausgeschlossen; ferner ist nicht auszuschliessen, dass die Muskelfaser ein unwirksames Geweih besitze, um dafür an einer andern Stelle ein voll entwickeltes zu erhalten; wie es denn auch noch nicht ausgemacht ist, ob man unsere ältere, neuerdings von Sandmann bestätigte Beobachtung einzelner weniger gänzlich nervenfreier Muskelfasern für abschliessend halten darf.

Die Frage nach dem Vorkommen gestreckter einästiger oder T förmiger Geweihe wird noch berührt durch die von mir beim Frosche als freilich sehr seltene Formen beobachteten, länglich wurstartig dicken Balkengeweihe, wie man sie nennen könnte

(Taf. F Fig. 80 und 84). An diesen Balken habe ich durch Drehen der Muskelfaser nachweisen können, dass sie unten gezähnelt oder papillös waren wie in Fig. 84. Bei Fig. 80 war dies jedoch nicht der Fall und ich muss dieselbe als eine besondere Ausnahme ansehen, gegen welche übrigens alle die eben genannten Bedenken nur von neuem zu erheben sind.

2. Das Geweih ist auch niemals auf einen einzigen gekrümmten Ast reducirt.

Wie überaus häufig die einfache Hakenkrümmung an den nicht gestreckten Geweihen aller Thiere und ohne Einfügung in das System benachbarter Aeste gefunden wird, so habe ich doch niemals ein Geweih beobachtet, das nur daraus bestanden hätte.

3. Gibt es keine ausschliesslich aus zwei einsinnig verlaufenden parallelen Aesten bestehende Geweihe. Dies ist hervorzuheben, weil die sehr einfache Verästelung (⊧) mit winkliger Abzweigung an allen gestreckten Geweihen vorkommt und für eine Grundform erklärt werden muss.

Da Verneinungen bekanntlich schwerer zu beweisen sind als Positiva, so halte ich es nicht für überflüssig, die unserigen mit einer Reserve zu schliessen. Was wir verneinten, ist wesentlich als Gegensatz zu den folgenden positiven Beobachtungen aufzufassen und es liegt mir die Behauptung fern, dass nicht andere Beobachter und namentlich solche, die noch grösseres, besonders ein die Knochenfische mit umfassendes Material als das unserige durchsuchen werden, nicht widersprechendes finden könnten. Principiell und auch in Uebereinstimmung mit unserer Hypothese muss ich dies sogar hinsichtlich der unter 2 und 3 ausgesprochenen Negationen für sehr möglich halten, dagegen nicht für die unter 1 mitgetheilten.

Die einfachste Form.

Die Existenz dieser Form hatte ich aus ihrem häufigen Vorkommen an Theilen der krummästigen Geweihe erschlossen. Ueberzeugten uns die neueren umfassenden Beobachtungen, dass sich der einschenklige Haken, wie oben erwähnt wurde, als ausschliessliche Nervenendigung nicht findet, so haben diese Beobachtungen dafür das recht häufige Vorkommen des zweischenkligen Hakens ergeben. Diese

Nervenendigung ist als die einfachste bisher constatirte zu bezeichnen und übertrifft in ihrer Einfachheit noch die der reducirtesten Stangengeweihe, welche wir kennen. Ueberraschenderweise finden sich diese Uhrhaken, wie ich sie nach ihrer zuweilen vollendeten Aehnlichkeit mit den bekannten ungleichschenkligen Haken mit Selbstverschluss (sog. Karabinern) nennen will, bei den Säugern; ich habe sie beim Hunde, Kaninchen, Meerschweinchen und bei der Maus gefunden, besonders in den Intercostalmuskeln, und keineswegs selten. Taf. N Fig. 250, 254, Taf. O Fig. 276, Taf. P Fig. 293 zeigen davon wahre Muster mit mehr oder minder erheblicher Ungleichheit der Schenkellängen. Auch der zufällig (vermuthlich durch einen Scheerenschnitt) in einem gewöhnlichen zerfaserten Goldpräparate gefundene dickere Querschnitt einer Muskelfaser vom Meerschweinchen zeigt eine wahrscheinlich hierher zu rechnende Nervenendigung.

Zwischen den Hakenenden wird die Lücke verschieden weit gefunden und unter Umständen kann es scheinen, als ob dieselbe ganz fehle, so dass die Nervenendigung in nichts als in einem wulstigen, völlig geschlossenen Ringe zu bestehen scheint: gewiss die denkbar paradoxeste Art der Endigung eines Nerven. Ob es immer gelingen wird diese von der Physiologie vermuthlich mit Recht abgewehrte Endschlinge, für das motorische Ende die schlimmste von allen, fortzubringen, steht dahin. Soweit mir die Ringe begegnet sind, habe ich meist beim ersten Anblicke nicht gezweifelt, an welcher Stelle die Täuschung durch Uebereinanderliegen der Schenkel des nach der Fläche verbogenen Hakens zu suchen war. Es galt dies z. B. für den anfänglichen Ring von Fig. 284, den ich erst durch Wälzen und Drücken so aus einander trieb, wie ihn die Abbildung darstellt.

Bei den Reptilien, deren Plattengeweihe alle auf Combinationen des einfachen und des zweischenkligen Hakens hinauskommen, und welche im Vergleich zu denen der Säuger im allgemeinen nicht reicher und verschlungener sind, wurden die Karabiner als alleiniges Nervenende bisher nicht angetroffen.

Einfachste Form der Stangengeweihe.

Diese hat die Gestalt eines H. Sie ist nicht nur den geraden und gestreckten Nervenendigungen oder den eigentlichen Stangen-

geweihen zuzurechnen, sondern tritt auch mit welliger oder papillöser Verunstaltung der Balken des Buchstaben auf. Wie häufig die **H**-Figuren in den allerverschiedenartigsten Geweihen auch wiederkehrten, so ist doch die Beschränkung der Endigung auf ein einziges **H** sehr selten; ich habe sie fast nur an schmäleren Fasern vom Frosche und vom Triton erblickt, bei letzterem indem der Verbindungsbalken des liegenden **H** durch die epilemmale, circulär um die Muskelfaser laufende Nervenfaser hergestellt wurde. Ein Muster dieser Reduction wurde in Taf. K Fig. 189 aus einem Vogelmuskel verzeichnet.

Zusammensetzung der Geweihe aus den Grundformen.

Zu den Grundformen sind ausser den beiden, die factisch vorkommenden einfachsten Nervenenden darstellenden noch die nur in Combinationen auftretenden zu rechnen, also ausser den Zeichen ϙ und ╤ noch ʕ, **T** und ⊨, von welchen die drei letzteren jedoch ersichtlich schon in den beiden ersten enthalten sind. Da die **T**-Form niemals endständig wie ʕ und ⊨, sondern mindestens zu einem verstümmelten H = ╤ combinirt auftritt, so haben wir es nur noch mit zwei Grundformen, ϙ und ⊨ zu thun, von welchen ich die letztere die „Fahne“ (*f* in unseren Abbildungen) nennen will. Auch diese sind noch weiter zu reduciren, denn wenn wir die Aeste von ⊨ krümmen, so erhalten wir diese ᑭ- oder diese ϸ-Gestalt, also wieder den zweischenkligen Haken. Nur der einschenklige Haken würde als etwas besonderes, jedoch als die letzte Reduction des zweischenkligen erscheinen.

Viel wesentlicher als diese Grundformen an sich ist mir nun die constante Asymmetrie derselben erschienen: statt des halben oder ganzen **H** mit stets seitlichem Nervenansatz findet man, gewisse gleich zu erwähnende Ausnahmen abgerechnet, niemals die Gestalt der Stimmgabel, an welcher der Nerv wie der Griff ansetzte, und an dem zweischenkligen Haken, der symmetrisch sein könnte, niemals Schenkel von gleicher Länge. Unsere zahlreichen Abbildungen zeigen von dem letzteren Gesetze keine Ausnahme, so sehr ich auch darnach gesucht habe. Dagegen haben wir einige Stangengeweihe, die ich gefunden und zu copiren vermochte, dargestellt, in denen die lange vermissten

Stimmgabeln dennoch vorkommen. In Fig. 44 Taf. C darf man *G* für eine symmetrische, stimmgabelartige Nervenverzweigung erklären; man beachte aber, dass beide Zinken der Gabel von Parallelfasern, die einer andern Theilung entsprossen, begleitet werden, deren Länge, bis zum nächsten gemeinsamen Ursprunge gemessen, rechts weit grösser ist als links. Die Glieder der so aus den vier Fasern gebildeten Paare entspringen also ganz unsymmetrisch. Einen andern Fall stellt Fig. 64 Taf. E vor; hier zweigt aber von der oberen Zinke der Gabel *G* ein Ast weiter ab, der sich vor das Ende der andern Zinke legt und damit zum längeren Schenkel eines Hakens wird. Diese beiden Fälle zeigen, auf welche Art die ausnahmsweise symmetrischen Gabelungen dennoch Aeste liefern, welche gleichwohl zur Begleitung mit unsymmetrisch entsprossenen kommen und wie die Ausnahme hier wieder einmal die Regel bestätigt.

Mit der Goldmethode in Händen haben wir nun einen so grossen Ueberblick über die verschiedensten Geweihformen gewonnen, dass man den Versuch, sich darin zu orientiren, wieder aufnehmen konnte. Am besten beweist diesen Fortschritt die Aufdeckung der atypischen Geweihe bei den Amphibien, unter denen sich so überaus zarte und vergänglich beschaffene befinden, dass wir selbst heute, da wir sie kennen, noch so gut wie ausser Stande sind, sie im frischen Zustande nur wahrzunehmen. Auch diese können nun in die Betrachtung mit einbezogen werden. Hierzu kommen die beim Salamander, dem Triton, häufiger noch bei Emys unglaublich reich und fein verzweigten Geweihe mit erstaunlich grossem und langem Innervationsfelde. Das Geweih Fig. 175 Taf. K, das ich auswählte, gibt nur eine ganz schwache Vorstellung von diesem Reichthume, denn wenn ich nicht tagelang hätte zeichnen wollen, war ich genöthigt, ein Object wie dieses wenigstens relativ arme auszusuchen.

Andererseits hat uns die Goldmethode die Geweihe der Reptilien und Säuger klarer gemacht, und darunter namentlich bei den ersteren die früher nur in den längeren Formen gelegentlich aufgetauchten **H**-Figuren als etwas häufigeres, wenn auch durch Biegungen und Papillen stark verschnörkelt, erkennen lassen, während bei den Säugern dieselbe Gestalt in anderer Orientirung mit fast paralleler Stellung zur Muskelfaseraxe bemerkt wurde. So ist von beiden

Seiten her die Uebereinstimmung auch der am weitesten von einander entfernten Formen ermittelt: durch die atypischen Geweihe der Amphibien der Uebergang von den Stangengeweihen zu den gekrümmten und verschlungenen; durch die Ausnahmsformen bei den Säugern und die künstlich entfalteten Plattengeweihe der Reptilien, der Uebergang zu den Vorzugsformen der Amphibien gefunden. Bei der Betrachtung der Geweihformen in der Thierreihe wird sich nun zeigen, wie dieselben auf die Grundformen zurückzuführen sind.

VIII.
Die Geweihformen in der Thierreihe.

Amphibien.

1. *Proteus anguineus.* (Vergl. Taf. F Fig. 88—92.) Ich verfügte nur über ein lange in Gefangenschaft im dunkeln erhaltenes Exemplar, das sich wochenlang völlig regungslos verhielt, so dass man es für todt hätte halten können, das aber gegen Angriffe stets einige heftige Bewegungen machte. Die meisten Vergoldungsversuche an den Muskeln schlugen fehl. Deshalb vermag ich nur fünf Abbildungen der Nervengeweihe vorzulegen. Die Verästelung der Geweihe ist als arm zu bezeichnen. Die epilemmalen Nerven führen nur zum Theil bis an die Muskelfaser Markscheiden und sind ebenso wie die Geweihäste auffallend schmal. Es wurden nur Stangengeweihe, wie die abgebildeten gefunden mit ausschliesslich unsymmetrisch abzweigenden Parallelfasern. Fig. 89 und 92 zeigen ausgebildete H-Figuren. In letzterer war die Wurzel des Geweihes nicht zu finden, so dass das Herkommen der Faser *F*, welche zweimal Geweihäste kreuzt, nicht festzustellen war.

Da es sich um einfache Stangengeweihe handelt mit nur sehr schwachen Ansätzen zur Hakenbildung, ist der geschlängelte Verlauf der Aeste bemerkenswerth.

2. Kröten: *Bombinator* und *Bufo*. Fig. 48 und 49. Taf. C. Die sehr einfachen Stangengeweihe mit dicken Aesten zeigen nur asymmetrische Theilungen oder wo die Asymmetrie weniger auffallend ist (Fig. 49), geschlängelten Verlauf einer Zinke in der Biegung. Kurze Buckel an den Parallelfasern und der geschlängelte Verlauf dieser bezeichnen einen Uebergang zur Hakenform.

3. *Salamandra maculosa.* (Taf. G Fig. 93 und 94). Hier gibt es häufig unentwirrbare Anastomosen, neben dieser Complication aber zahlreiche einfache H- und Fahnenfiguren. Als eine besondere Eigenthümlichkeit, welche den Buckeln und Papillen dickästiger Geweihe zu entsprechen scheint, sind die für den Salamander (mehr als für Triton) charakteristischen, aus einander weichenden Quasten (*Q* Fig. 93) zu bezeichnen. Der zweifelhafte Fall einer einzigen geraden Hypolemmalfaser von Fig. 94 wurde oben schon erwähnt; in der anderen Muskelfaser der Figur besteht das ganze Geweih aus einer Fahne und aus einem H.

4. *Triton cristatus.* (Taf. G Fig. 95—98.) Die Geweihe sind von grösster Einfachheit, das von Fig. 95 ausschliesslich aus drei vereinzelten H bestehend, jedes mit besonderer epilemmaler Wurzel. Unauflösbare Anastomosen (Fig. 96) kommen vor. In Fig. 97 finden sich zwei eigenthümlich auf einander folgende Fahnen. Die scheinbar einfache T-Endigung von Fig. 98 wurde früher erörtert.

5. *Rana esculenta.* (Taf. E.) Da ich die Stangengeweihe schon in einer früheren Abhandlung[1]) eingehend und mit Abbildungen nach Silberpräparaten erörtert habe, ist hier wesentlich der Abweichungen von den typischen Formen zu gedenken. Als solche sind zu nennen: sehr kleine und schmale Bajonettauswüchse (Fahnenform) wie in Fig. 71; krumm angesetzte Bajonette (Fig. 68, 70, 72), den allmählichen Uebergang zum zweischenkligen Haken, jedoch mit einem graden Schenkel zeigend. In Fig. 72 ist ein über seinen Stil zurückgebogener Haken an dem feinästigeren Theile des schon fast atypisch zu nennenden Geweihs zu sehen. Durch die Feinheit der Aeste und deren Umgestaltung zur Perlschnurform (in Folge der Goldwirkung) neigen die Geweihe Fig. 73 und 79 zu den atypischen, mehr als durch ihre Gestalt. Stangen, wie die mit *S* bezeichnete, welche von einem Geweihast gekreuzt wird, sind bei diesen Formen keine Ausnahmen. Der Ursprung der dickeren Stange liegt bei *u*. — Wirklich atypisch sind die Figuren 74, 77, 78, letztere mit einer zweiten, marklosen aber epilemmalen Wurzel. Ein Theil der Haken ist zu längeren gewundenen Aesten angeordnet. Bei *Q* Fig. 74

1) Unters. a. d. physiol. Inst. zu Heidelberg Bd. 3 Taf. I Fig. 1—11.

findet sich eine an den Salamander erinnernde Quastbildung; in Fig. 76 eine Stimmgabeltheilung, jedoch mit ungewöhnlich rauh gebildeten Aesten, wie denn auch das ganze Geweih als ein äusserst abweichendes bezeichnet werden muss.

Die grössten Schwierigkeiten bereiten die vielleicht embryonalen Formen der Geweihe, von denen Fig. 87 Taf. F nur ein kleines und das verhältnissmässig übersichtlichste Stück aus dem wenigstens viermal grösseren Innervationsfelde darstellt. In die vielen Quasten dieser Geweihe Ordnung zu bringen, ist fast unmöglich. Sehr zierlich und gut zu unterscheiden sind dagegen die sich in Ketten folgenden H-Figuren links. Fig. 81, 83, 85 sind ebenfalls atypisch mit Umwandlung der Fahnen in Haken.

Auf Taf. Q sind u. a. auch atypische Geweihe vom Frosche, durch Versilberung hergestellt, verzeichnet und darunter einzelne sehr an die Plattengeweihe der Reptilien erinnernde (Fig. 314 und 315), ferner merkwürdig reiche und durch quere Stellung der Fahnen zur Muskelfaser ausgezeichnete (Fig. 316, 321, 322). Ich habe diese Tafel vorzugsweise aufgenommen, um zu zeigen, dass die Silbermethode auch die atypischen Geweihe des Frosches gut darstellt, ja gewisse besonders interessante, untadelhafte Plattengeweihe, die man durch die Schrumpfung erzeugenden Goldmethoden beim Frosche kaum kennen lernt, überraschend gut zeigt.

Schildkröten.

1. *Emys europaea.* (Taf. H Fig. 106—109.) Die Geweihe sind denen von Triton so ähnlich, dass auf diese verwiesen werden kann; es waren nur Fahnen und H-Figuren zu verzeichnen. Bei Fig. 108 kann man zweifeln, ob die Theilung stimmgabelartig sei, doch erhielt wenigstens eine der Zinken eine ungleichzeitig innervirte Begleitung in dem nächsten Balken des benachbarten H.

2. *Testudo graeca.* Die Verschiedenheiten sind hier erstaunlich. Neben Formen wie den, den Geweihen von Emys zum Verwechseln ähnlichen und neben den reichen Geästen, wie dem von Fig. 175 Taf. K kommen Nervenhügel, wie die von Fig. 173 und 174, dann wieder klumpige Gestalten (Fig. 172) und jene sonderbare Art, die Muskelfaser ganz umschlingender Geweihe vor, wie in Fig. 168. In dem anscheinenden

Gewirre sind die Fahnen und die H leicht massenhaft zu entdecken; ausserdem auch Quäste. Am wenigsten fügt sich das Geweih Fig. 168 den Grundformen, obschon man auch hier in grosser Zahl durch eine Senkrechte zu verbindender Punkte findet, die sich in sehr verschiedener Phase der nervösen Schwankungswelle befinden müssen.

Die Geweihe in Nervenhügeln von Testudo haben fast den Charakter der breitästigen Plattengeweihe der Eidechsen, zeichnen sich aber vor diesen durch schmale, fadenförmige Verbindungen der einzelnen Lappen aus. In Fig. 171 und 172 erkennt man unschwer eine Fahne und mehrere Haken, ausserdem auch Anastomosen.

Vögel.

Sehr aus dem System fallend, müssen wir hier die Nervenendigung der Vögel anfügen, denn dieselbe weicht trotz einzelner Ausnahmen, vielmehr von der der Säuger und auch von der der Eidechsen ab, als von der der Amphibien, welcher letzteren sie sich theilweise sogar in überraschendem Grade nähert.

Nur mit dem grösstem Erstaunen habe ich die Nervengeweihe des Canarienvogels finden können, welche von denen der Tritonen kaum zu unterscheiden wären, wenn man nicht die feineren und fettreicheren Muskelfasern vor sich hätte. Niemand wird unvorbereitet glauben, dass Fig. 103, 104, 105 Taf. G der Musculatur eines Vogels entnommen sind. Allerdings habe ich so grosse Aehnlichkeit mit den Geweihen der Amphibien bei andern Vögeln noch nicht wiedergefunden. Am nächsten kommt dem Canarienvogel das Huhn, dessen Nervengeweihe zuweilen ebenso feinästig sind, aber doch meist andere Anordnung zeigen. In Fig. 100 vom Huhn ist das Geweih zwar noch recht amphibienartig, in Fig. 101 und 102 dagegen eigenartig und mehr an die Verhältnisse anderer Vögel erinnernd, von denen sogleich noch eigenthümliche Verschiedenheiten zu berichten sein werden. Wurden auch die Nervengeweihe in den rothen Muskeln der Vögel nicht charakteristisch verschieden von denen der weissen Muskeln gefunden, so erhält man doch den Eindruck, als ob die Geweihformen etwas mit der sehr verschiedenen Beschaffenheit des Vogelfleisches zu thun hätten und ist dann weniger überrascht über das Aussehen eines Endgeweihes von der Krähe, z. B. wenn man zuvor das des Canarien-

vogels gesehen hat. Das feine, weiche, saftige Fleisch des seit Generationen verwöhnten Ziervogels nimmt sich in der That vornehm aus gegen das grobe, magere und trockene eines Proletariers, wie der Krähe. Jedoch besitzen Krähe und Elster (Taf. K Fig. 189 und 190) auch reine **H**-Geweihe oder diesen noch sehr ähnliche (Fig. 193); man sieht daran aber schon weit breitere Aeste als beim Canarienvogel. Die Mehrzahl der Geweihe von der Krähe (Fig. 191, 192, 194, 195) leitet sich indess aus der Grundform des Hakens ab.

Zur besseren Uebersicht sind in den Nervengeweihen (der Vögel auf Taf. K) die Grundformen grösstentheils bezeichnet, die Fahne mit *f*, die Haken mit *C*, die übrigen mit *h*. Bei starker Verbiegung der Aeste hindert natürlich nichts, das **H** in eine Doppelfahne aufzulösen.

Da die Geweihäste der Taube zuweilen auch an Goldbildern recht breit ausfallen (Fig. 178), halte ich bezüglich der Astdicke die constant breiteren Silberbilder (Fig. 184—187) für maassgebender.

Säuger.

Um vom einfacheren zum complicirteren übergehen zu können, sind hier die Nervengeweihe der Säuger einzuschalten. Die **H**-Figuren bilden darin die Ausnahme, ebenso die Fahne, denn die erstere kommt fast nur stark verzogen oder verschnörkelt, die letztere fast nur durch Krümmung zum Haken übergehend vor. Um so überraschender, ja erfreulicher darf man sagen, sind die, obschon sehr vereinzelten Ausnahmen bei den Säugern, welche so starke Annäherung an den Amphibientypus bekunden, wie Fig. 217 Taf. L, worin das, freilich links zum Haken einbiegende **H**, sogar mit Bezug auf die Axe der Muskelfaser, ein liegendes ist. Ebenso zeigt Fig. 220 ein zwar stark verschnörkeltes aber noch sehr kenntliches, ebenfalls liegendes **H**. Dazu findet sich die wohl gewellte, im übrigen aber reine Fahnenform von Fig. 218, die um so bemerkenswerther ist, als das Geweih nur aus dieser einen Fahne besteht. Merkwürdige zu Ketten aufgereihte **H**-Geweihe finden sich bei den meisten Kaninchen in den Intercostalmuskeln; Fig. 232 kann als Muster dieses häufigen Befundes gelten. Das **H** erscheint hier indess nicht liegend, sondern schräg, zuweilen auch senkrecht stehend zur Muskelfaseraxe.

Was den Säugergeweihen das Gepräge gibt, ist der sich immer wiederholende, in grosser Mannichfaltigkeit complicirte und mit anderen combinirte Haken; dass derselbe wohl das wesentliche in der Form der motorischen Nervenendigung sei, scheint daraus hervorzugehen, dass er in einer sicher ausserordentlich grossen Zahl kurzer Muskelfasern, wenigstens beim Hund, Kaninchen und Meerschweinchen, wo ich es gefunden habe, auch uncombinirt vorkommt. Ein Geweih, wie das Taf. O Fig. 276 vom Hunde abgebildete, ist in der That fast so einfach wie denkbar: es ist der schon beschriebene Karabinerhaken. Geht man auf dieser Tafel und auf Taf. L und N die Figuren durch, mit den einfachsten Haken beginnend zu den mehr verbogenen und krauseren Formen weiter, dann zu den Combinationen mehrerer Haken, so zweifle ich nicht, dass man, schliesslich bei den verwickeltsten Geweihen anlangend, doch die Grundformen fast überall herausfinden und dieselben wie aus dem Versteck hervorholen wird. Fälle, mit denen sich in dieser Weise nichts anfangen liesse, gibt es kaum und finden sich nur, wo Anastomosen sind, deren Auflösung man nicht verantwortlich zu übernehmen vermöchte. Die Grundformen sind mit *f*, *h* und *c* bezeichnet in die Abbildungen, soweit es ohne Störung des Anblickes ging, eingetragen und ich denke, dass man davon geleitet, oft mit einiger Ueberraschung, namentlich die versteckteren Fahnen und Haken erkennen wird.

Mit den Tafeln vor Augen bemerkt man noch gewisse Eigenthümlichkeiten der Geweihformen, die sich schwer analysirend beschreiben lassen und doch unschwer zu erfassen sind. Die Geweihe der Maus (Fig. 292 bis 304) z. B. sind so eigenartig, dass ich vor einem, natürlich viele Fasern enthaltenden, Präparate nie in Zweifel darüber gewesen bin, ob es von der Maus stammte. Noch weniger konnte man zweifeln bei der Ratte (Fig. 305—309), denn dieses hässliche Thier erfreut sich so eleganter Geweihformen, dass man sich versucht fühlte, sie als Ornamente einzuführen. Wiederum eigenthümlich pflegt das Nervengeweih des Igels (Fig. 309—314) zu sein, das aussehen kann wie wenn das Geäst in die Furchen einer Maulbeere eingelegt wäre (Fig. 313). Beim Hunde, Kaninchen und Meerschweinchen sind die Formen nicht so charakteristisch; nur scheinen bei letzterem ebenso wie beim Igel (Fig. 315) embryonale Formen häufiger. Dagegen

würde ich mich in vielen Fällen getrauen, die knorrigeren Geweihe der Katze (Fig. 316—322) von denen der vorigen zu unterscheiden.

Von dem motorischen Geweihe des Menschen vermag ich nur eine Abbildung (Fig. 323) zu geben, leider wohl kein Muster; es war mir nur einmal möglich, Material aus einem soeben amputirten Arme zu untersuchen, an dem die Vergoldung indess wegen starker Durchwachsung der Muskeln mit Fett sehr mangelhaft ausfiel.

Dass es bei den Säugern für jetzt unauflösbar verschlungene Geweihe gebe, belegen unsere Figuren 237—239, 241 u. a. mit den mehr oder minder zahlreichen Anastomosen. Recht complicirt ist ein grosser Theil der durch Regeneration [1]) entstandenen Geweihe des Kaninchens, und es zeichnen sich dieselben oft durch ihre massenhafte Entwicklung in Gestalt von Geweihhaufen und -Ketten aus. Diese Art mehrfacher Geweihe hat mit der Frage nach dem Vorkommen

1) Ueber die Regeneration der Geweihe nach Zerstörung einer Stelle des Nervenstammes und im Gefolge der späteren sog. Verheilung oder Wiedervereinigung des centralen Antheiles mit dem peripherischen wurde schon gelegentlich im 20. Bande dieser Zeitschrift im December 1884 (vergl. den Zusatz S. 539) berichtet.

Statt der bisher geübten Durchschneidung und des umständlichen Zusammenheftens der Stümpfe mit Näthen habe ich mich bei diesen Beobachtungen der functionellen Zerstörung einer kurzen, 3—4 mm betragenden Nervenstrecke ohne substantielle Trennung, durch Gefrieren bedient, nach welcher das Zusammennähen unnöthig und die spätere Wiederherstellung der nervösen Continuität viel sicherer wird. Da dieses Verfahren, wie ich mich durch viele Versuche überzeugte, auf die Peripherie des Nerven ebenso wirkt, wie Durchschneidung, nämlich Verlust der Erregbarkeit, fettige Degeneration der markhaltigen epilemmalen Fasern, darauf Schwund der Endgeweihe erzeugt, so kann ich es für die Untersuchung der Regeneration schon wegen seiner Einfachheit empfehlen.

Das Durchfrieren geschieht, indem man ein Metallröhrchen, je nach der Dicke des Nerven, von 2—4 mm Durchmesser, unter den Nerven führt und von einer auf — 10 bis — 13° C. gebrachten gesättigten Kochsalzlösung, oder von ebenso kaltem Alkohol durchströmen lässt, worauf der Nerv unter starker Verdickung an das Röhrchen friert und bis zur Oberfläche steinhart wird. Nach dem Aufthauen äusserlich unverändert, erweist sich die betroffene Stelle unfähig zu jeder Leitung; doch hat man hierauf jedesmal durch Reizung der sensiblen Fasern unterhalb und der motorischen oberhalb der Stelle zu prüfen und das Durchfrieren zu wiederholen, wenn sich Unsicherheiten ergeben.

Die Regeneration erfordert, ähnlich wie nach der Wiedervereinigung durch die Nath, mehrere Monate, erfolgt aber sowohl in den sensiblen, wie in den motorischen Bahnen.

mehrerer Innervationsfelder an einer Muskelfaser im Grunde keinen Zusammenhang, denn soweit ich die so gehäuften Geweihe kennen gelernt habe, entsprangen dieselben jedesmal aus einer einzigen epilemmalen Wurzel (Fig. 247—249), so dass man nur von einem, allerdings in Theilfelder zerfallenden Innervationsfelde reden konnte. Wie man sieht, finden sich die Geweihgruppen sowohl am Ende von marklosen (Fig. 247 u. 249), wie von markhaltigen (Fig. 248) epilemmalen Nervenfasern. Dieselben hatten sich 107 Tage nach Durchfrierung des Nervenstammes, der nach dieser Behandlung, gerade wie nach einer Durchschneidung, seine Erregbarkeit infolge gänzlicher Degeneration aller Fasern und sämmtlicher Geweihe anfänglich völlig verloren hatte, mit den Geweihen wieder gebildet. Fig. 242 bis 246 zeigt indess ebenfalls regenerirte, zum Theil vielleicht vergrösserte, im übrigen aber ganz normal gestaltete Geweihe aus demselben Kaninchenmuskel. Der Astreichthum und die Massenhaftigkeit der regenerirten Geweihe steht vermuthlich im Zusammenhange mit der der Degeneration folgenden Kernwucherung und -Vermehrung in der Geweihsohle, die ich gefunden habe im Gegensatze zu Gessler[1]), der das Gegentheil, Kernschwund und Verminderung der Zahl der Kerne angegeben hatte.

Eidechsen und Schlangen.

Wir müssen diese Reptilien hier zuletzt und an besonderer Stelle berücksichtigen, einestheils weil ihre Nervengeweihe häufig noch verwickelter sind als die der Säuger, andererseits weil die Nervenendigungen von denen der bereits behandelten Reptilien (Chelonier) ausserordentlich abweichen.

Die Gemeinsamkeit wird unter den Reptilien hergestellt durch die bei den Eidechsen als atypisch zu bezeichnenden gestreckten Geweihe und durch die meist einfacheren Formen bei Anguis fragilis und bei den Schlangen. Die Eidechsen und das Chamäleon führen uns endlich die complicirtesten Geweihformen vor Augen.

Am übersichtlichsten ist das Geweih mit fast reiner **H**-Form (Fig. 114) von der Blindschleiche und das seltsam eckige (Fig. 118)

1) Deutsches Arch. f. klinische Medicin Bd. 33 S. 42.

mehr auf den Haken herauskommende ebendaher; ferner das wunderliche aus Haken und Fahnen zusammengesetzte der Fig. 115, das bei totaler, vorwiegend das Stroma einnehmender Vergoldung fast die natürliche Astdicke der Geweihe von Anguis frag. repräsentirt. Sehr einfach ist die nur aus zwei Haken bestehende Kette von Fig. 111; etwas schwieriger und wegen einer Anastomose nicht ganz aufzulösen Fig. 116, leicht dagegen Fig. 113.

Bei Tropidonotus natrix gibt es ganz ähnliche einfache Formen (Fig. 19, 20, 24 Taf. B); dagegen ist hier, wie bei der Blindschleiche am wenigsten anzufangen mit den kleinen (Fig. 14, 17, 16, 18, 21) und grösseren (Fig. 117) blattartigen oder klumpigen Nervenendigungen (Fig. 117 von Coronella laevis), es sei denn, dass man die Beeren mit ihren Stengeln für verschoben hielte oder die Geweihränder im Stroma für zusammengeflossen, wie bei Fig. 22.

Der H- und Fahnenformen bei den Eidechsen wurde früher schon gedacht; sie sind auf Taf. J reichlich vertreten. Zur Auflösung der verwickelteren Geweihe darf auf die Abbildungen von Taf. H und J mit den schon erklärten Zeichen verwiesen werden, welche die weitere Darstellung durch Worte überflüssig machen.

Heidelberg, im März 1886.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel A bis Q.

— —

Die Abbildungen sind ohne Ausnahme mit dem Zeichenprisma aufgenommen, die meisten mit **Hartnack's** System Nr. II für homogene Immersion und Oc. 3, bei kurzem Tubus und einer Sehweite (den Abstand der Reflexionsflächen in **Abbe's** Zeichenprisma mitgerechnet) von 39^{ctm}, was eine Vergrösserung von $\frac{1100}{1}$ ergiebt. Wo andere Combinationen und Vergrösserungen verwendet worden, ist es besonders angegeben.

Die Herrichtung der Präparate ist nach den angewendeten Vergoldungsmethoden mit I, II, III, IV (vergl. S. 9 im Text) bezeichnet.

Soweit es ausführbar war, wurde die Mannichfaltigkeit der Färbung in den einzelnen Objecten durch die Schattirung wiedergegeben, in vielen Fällen, indem nach der Natur angefertigte Aquarelle mit Tusche und Bleifeder copirt wurden, was freilich den wünschenswerthen Farbendruck, von dem aus technischen und anderen Gründen abzusehen war, nicht ersetzt. Wo es nöthig schien, enthält das Folgende besondere Angaben über die Farben.

Tafel A.

Fig. 1. Muskelfaser aus dem Oberschenkel von Lacerta agilis. Meth. III. Kleines, schmalästiges Geweih; Axialbaum braunroth, Stroma fast farblos, Sohle vollkommen gefärbt, brandroth, ebenso die Sarkoglia; Kerne spärlich sichtbar z. B. bei *k* und an drei Stellen oben in der Figur. Bei *a* kommt ein tiefer liegender, theilweiser von einem anderen bedeckter Geweihlappen zum Vorschein, durch dessen Anwesenheit die Anastomose in dem vorliegenden Geweih vielleicht als Pseudoanastomose (Kreuzung) erklärt wird. Zwei Geweihäste entspringen seitlich aus dem epilemmalen markhaltigen Nerven. Die von keinem Stroma umgebene Wurzel oben links kann künstlich durch Verschiebung des Stroma vom Axialbaum entstanden sein.

Fig. 2. Desgl.; nach längerem Liegen in Glycerin-Ameisensäure durch Quetschen isolirtes Stück eines Geweihs mit zutretender markhaltiger Faser.

Fig. 3. Desgl.; Meth. IV aber ohne Vorsäuern, indem die Goldlösung mit der Arsensäure versetzt wurde. Der tiefbraunrothe Axialbaum zeigt stellenweise netzartig angeordnete Körnchen. Rechts unten: Anschein einer Anastomose; in der Mitte und links unten: Anastomosen der Aeste des Axialbaumes im Innern des Stroma. Stroma viel tiefer gefärbt als die

Muskelsubstanz und nicht homogen; die Glia auch der Sohle hellgrauviolett. Von den Kernen sind einige des Telolemms *t t t* sichtbar und die Sohlenkerne, soweit sie nicht von dem Geweih bedeckt werden. Der Rand des Stroma ist durch granulirte Auf- und Einlagerungen, links unten auch durch Andeutungen des Borstensaumes scharf begrenzt.

Fig. 4. Wie die vorige Figur; bei *a* legt sich ein Geweihast über den anderen.

Fig. 5. Desgl. Meth. V. Goldreduction ausschliesslich im Nerven; Muskel und Glia nur strohgelb, von der Sohlenglia nichts erkennbar, aber alle Kerne sichtbar, 10 Sohlenkerne vom Geweih theilweise bedeckt. Vom Endgeweih scheint nur der Axialbaum hervorzutreten, während das Stroma unsichtbar bleibt. Vielleicht stellt sich das Geweih in Totalfärbung, sowohl des Stroma als des Axialbaumes, mit starker Schrumpfung dar, so dass die beiden Antheile nicht zu unterscheiden sind.

Das Nervenmark der epilemmalen Faser grauröthlich, im Innern den dunklen Axencylinder sehr scharf zeigend.

Fig. 6. Desgl. Meth. V. Die Muskelsubstanz roth; Sohle und Kerne nicht zu erkennen: im Geweih Totalfärbung, mit stärkerer Goldfärbung am Rande des Stroma.

Fig. 7. Aus einem Hautmuskel von Anguis frag. Meth. IV. Details wie in Fig. 3 und 4. Vor dem Nervenende treten an einer Einschnürung der markhaltigen Faser unter derselben zwei kurze, blattartige Geweihsprossen aus. Rechts zwei Telolemmkerne sichtbar. Die Sohle umfasst mit ihrem überstehenden Theile das ziemlich flache Geweih sehr vollkommen.

Fig. 8. Faser aus einem Hautmuskel von Tropidonotus natrix, sehr flüchtig mit Silbernitrat von 0,5%, dann mit Glycerin und einer Spur Ameisensäure behandelt. Vergr. $\frac{900}{1}$. Die Silberausscheidung im Sublemmalkitt ist äusserst schwach, stärker an den Rändern des Geweihs, wo sie einen Saum sehr kurzer Borsten darstellt. In der Lithographie sollte das Geweih etwas heller als der Ton der Muskelfaser gehalten sein, obgleich durchaus nicht weiss. Die Geweihäste und -Schaufeln sind von fast normaler Gestalt und Breite. Alle Kerne sind, soweit das Geweih sie nicht bedeckt, sichtbar, die Telolemmkerne übrigens nicht so scharf, wie in der Zeichnung, sondern mehr wie Flecken aussehend. Bei $a\ a^1$ wahrscheinlich Pseudoanastomosen.

Die Herstellung solcher Silberbilder mit schwacher Bräunung des Geweihs gelingt sehr selten. Das vorliegende erhielt sich, mit Ausnahme des oberen Geweihlappens, der bald stark nachdunkelte, mehrere Monate und war von solcher Deutlichkeit, dass die Herren Prof. His und Altmann in Leipzig auf meine Bitte versucht haben, das Object zu photographiren, was jedoch wegen überliegender Silberkörnchen nur sehr unvollkommen gelang.

Fig. 9. Desgl.; aber mit Meth. IV (ohne Vorsäuern) behandelt. Dieselbe Vergrösserung wie bei Fig. 8. Totalfärbung im Geweih. Die Figur ist bestimmt, die beträchtliche Breite der Geweihlappen, die zuweilen auch in Goldbildern gefunden wird, zu demonstriren. In diesem Falle stimmt

die Breite der Aeste mit der des Silberbildes von Fig. 8 überein, beide geben deshalb den, im Text nach der Aehnlichkeit mit einem „Geduldsspiele“ benannten Anblick.

Auch an diesem Goldpräparate ist der Borstensaum zu bemerken.

Fig. 10. Aus dem M. gastrocmemius vom Kaninchen. Meth. III. Seltenere Art der Färbung: Muskel himmelblau, Nervenmark braunroth, Axialbaum tiefviolett, Stroma hellroth, Kerne und Glia ungefärbt, die Granulosa der Glia unkenntlich. Die Telolemmkerne sind von einem grauen Schleier überzogen, die Sohlenkerne kaum geschrumpft, aber von dicken glänzenden Körnern erfüllt. Im oberen Theile wird die Geweihverästelung unklar, da sie die Muskelfaser dort umgreift.

Fig. 11. Aus einem Intercostalmuskel des Kaninchens. Details wie in Fig. 10; nur sind die Kerne so geschrumpft, dass die der Sohle von denen des Telolemms nicht mehr zu unterscheiden sind.

Tafel B.

Fig. 12. Von Tropidonotus natrix. Meth. III. Nur die Nervenfaser mit dem Endgeweih wiedergegeben; letzteres zeigt scharfe Trennung des Stroma vom Axialbaume. Das Geweih entspriesst mit drei schmalen, seitlich aus einer vorbeiziehenden markhaltigen Faser entspringenden Wurzeln.

Fig. 13—23. Aus den zur Haut gehenden Muskeln von Coronella laevis. Meth. II. Fig. 13—18 Blattartige Endgeweihe. Stroma gelblichroth und Axialbaum braunviolett, scharf unterschieden; dem Stroma schliesst sich die Sohlenglia als schmaler Saum an. Bei Fig. 18 ist der feine Contur des Telolemms im Druck nicht deutlich.

Bei Fig. 16, 17, 18 eigenthümliche Verbindung der Endgeweihe verschiedener Muskelfasern durch marklose Nerven.

Fig. 19 und 20 Uebergang zu sog. „beerenförmigen“ Nervenenden: das Stroma bildet nur eine schmale Rinde um den zu Klumpen zusammengezogenen Axialbaum.

Fig. 21, 22, 23. Weitere Uebergänge der Geweihe zur Traubenform. Bei Fig. 22 hängen die Beeren meist durch feine Stiele (des Axialbaumes) zusammen, während diese in Fig. 23 fast sämmtlich zerrissen sind, so dass die Beeren getrennt liegen. In Fig. 22 war das zu einem Klumpen zusammengeballte Stroma, in dessen Furchen die Sohlenglia liegt, durch gelbrothe Färbung sichtbar.

Fig. 24. Aus einem Hautmuskel der Blindschleiche. Meth. II. Geweih zur Traubenform umgewandelt. Die Beeren hängen durch Stiele zusammen, aus denen der Axialbaum zu Gunsten der Beerenbildung herausgezogen ist, so dass die Verbindung nur durch das Stroma erhalten bleibt.

Fig. 25 Von Lacerta agilis. Meth. II. Profilbild oder optischer Längsschnitt der Muskelfaser. Die Geweihäste erscheinen im optischen Querschnitt, wie Beeren mit hellrothem Fleisch (Stroma) und braunrothen Fruchtkernen (Axialbaum). Zwischen und unter dem anscheinenden Beeren liegt schwärzlich gekörnte Sohlenglia. Ein Sohlenkern und vier Telolemmkerne sind sichtbar.

Die Figur soll besonders dazu dienen, auf den, mit der heute am meisten verwendeten Goldmethode, leicht zu erzielenden Anblick der Zusammensetzung des Geweihs aus Axialbaum und Stroma aufmerksam zu machen.

Fig. 26. Dasselbe von Coronella laevis mit sehr zahlreichen Sohlenkernen und drei Telolemmkernen.

Fig. 27. Von der Eidechse. Behandlung: zuerst $Os\,O_4$, dann $Au\,Cl_3$, später Ameisensäure. Muskel hellröthlich, Nervenmark schwarzroth, alle Kerne mit starken schwarzen Körnchen versehen; Geweih nur in der Profillage als wulstiger Körper kenntlich, aber farblos.

Fig. 28. Desgl. Behandlung: Müller'sche Flüssigkeit, Hämatoxylin, Spur Ameisensäure. Muskelfaser schmutzig gelblich, Telolemmkerne tiefblau und körnig oder mit Fadennetzen erfüllt; in den Sohlen- und Muskelkernen findet sich eine, die Kernmembrane nur zum Theil erfüllende, das Kernkörperchen einschliessende compacte Masse, von hellblauer Farbe. Das Geweih ist nach dieser Behandlung nicht sichtbar.

Fig. 29. Desgl. Behandlung: $Os\,O_4$ in $Na\,Cl$ 0,5%, Pikrocarmin, starke Essigsäure. Nervenmark dunkelgrau, Endgeweih kaum grau, Muskelfaser hellröthlich, Kerne tiefroth. Die Telolemmkerne (*t*) sind wenig stärker geröthet als die Sohlenkerne (S).

Fig. 30—34. Querschnitte aus der Oberschenkelmuskulatur der Eidechse. Behandlung: Trocknen, Schneiden, $Na\,Cl$ 0,5%; Vergoldung nach Meth. III. Muskelsubstanz blassroth, Axialbaum dunkelroth, Stroma roth, Glia grau bis schwarz gesprenkelt, ausgenommen in der schmalen Muskelfaser von Fig. 34, wo sie tiefroth ist; Kerne ungefärbt.

In den Schnitten Fig. 30, 32, 34 sind epilemmale markhaltige Nerven mitgetroffen, von denen der bei Fig. 32, wegen der tiefen Einfalzung in den Nervenhügel, unzweifelhaft eine der Wurzeln des Geweihs darstellt, ebenso vermuthlich der von Fig. 34. Auf der Fläche der Muskelfaserquerschnitte sind sowohl Durchschnitte von Muskelkernen, wie kernlose Lücken zu erkennen. Bei Fig. 34 liegt an dem zum Sarkolemm gewendeten Kerne eine Anhäufung granulirter Substanz der Sarkoglia.

Die Kerne der Sohle des Nervenhügels sind auf den Querschnittsbildern meist nur durch die tiefere Lage von denen des Telolemms zu unterscheiden, wo die Schnittebene günstig ist, jedoch auch durch ihre überwiegende Grösse. Bei Fig. 30 erscheint im Querschnitte der markhaltigen Faser eine centrale dunkle Stelle, welche dem Durchschnitt der goldgefärbten Axialkrume (Fibrillenbündel) entspricht.

Fig. 35. Von den Geweihästen sind einige quer, andere schräg oder der Länge nach durchschnitten. Einzelne Geweihäste liegen so, dass sie sich decken und in der Aufsicht als Anastomosen erscheinen müssen. Querschnitte einer Muskelfaser aus dem Gastrocnemius des Kaninchens. Meth. IV. Von der epilemmalen Geweihwurzel sind zwei markhaltige Querschnitte zu erkennen; am Nervenhügel ein sehr voluminöser und ein flacher Telolemmkern; unter dem Geweih ein Sohlenkern.

Fig. 36. Desgl. von der Katze. Meth. IV. Die Glia ist roth und springt mit kurzen Fortsätzen in die Muskelsubstanz vor.

Fig. 37 und 38. Querschnitte schmaler Fasern aus einem Augenmuskel vom Hund. Meth. IV. Die Sohle ist sehr entwickelt und vom Golde roth gefärbt, ebenso die Sarkoglia in einzelnen Anhäufungen unter dem Sarkolemm.

Fig. 39. *A, B, C* und Fig 40 *A, B*. Muskelfaser-Querschnitte aus der Eidechsenzunge. Meth. II. Ebenso wie bei Fig. 36, 37, 38 (von der Katze und vom Hunde) sind die im Durchschnitte sichtbaren Theile des Geweihs durch die Glia der Sohle vollkommen von der quergestreiften Muskelsubstanz getrennt. Bei 39 *C* starke Zapfen der Sohlenglia zum Muskel gerichtet.

Fig. 40 zeigt Nervenhügel von bedeutender Höhe auf sehr schmalen Muskelfasern.

Fig. 41—43. Längsschnitte von Muskelfasern aus der Eidechsenzunge, ebenso behandelt; auch mit mächtig entwickelter Sohle.

Fig. 41. Nervenhügel von der Form einer papilla circumvallata.

Fig. 42 und 43. Hügel mit starken Einsenkungen (sog. Nerventhälern) in die Muskelsubstanz. Bei 42 Einbuchtung der Muskelfaser durch eine andere senkrecht zu ihr verlaufende.

Das Geweih des Nervenhügels von Fig. 43 zeigt einen schmalen, unter dem Sarkolemm weiter rankenden Ast.

Tafel C.

Fig. 44. Aus dem M. gastrocnemius von Rana esc. Meth. II. Alle Kerne des markhaltigen epilemmalen Endbusches undurchsichtig, homogen geschwärzt. Von diesen sind einige der mit *t t* bezeichneten unzweifelhaft Kerne der Perineural- (Henle'schen) Scheide, die übrigen solche der Schwann'schen Scheide. Da bei der Vollkommenheit des Präparats und bei der ausserordentlichen Deutlichkeit der Kerne keiner derselben zu übersehen war, die Zahl der Perineuralkerne aber zu gering erscheint, so ist anzunehmen, dass einzelne Kerne in dem erweichten Objecte abgestreift worden.

Der bei *F* am Ende einer epilemmalen Faser befindliche Kern bezeichnet ohne Zweifel nur eine Stelle, wo die noch für eine andere Muskelfaser bestimmte Nervenfaser abgerissen ist.

Im stärksten Gegensatze zu sämmtlichen Kernen der Nervenscheiden sind die Endknospen nicht geschwärzt, sondern roth gefärbt und noch tiefer geröthet als die Axialkrume der hypolemmalen Fasern, woran sie haften. Ebenso sind die Endknospen unterschieden von den, in der hellröthlichen, erweichten, leicht in fliessende Bewegung zu versetzenden Muskelsubstanz enthaltenen Muskelkernen (in die Figur nicht mit aufgenommen), welche sämmtlich schwarz gesprenkelt und von einer schwärzlichen Rinde überzogen waren.

S. kurz abgerissene, ziemlich schmale Stammfaser, aus welcher mit Hilfe der ersten Abzweigung *S''* der, sieben markhaltige Endäste tragende

epilemmale Endbusch hervorgeht; ein achter für die gezeichnete Muskelfaser nicht bestimmter Ast ist der bei *F* abgerissene.

Bei *a, a, a* treten schon vor den Enden der markhaltigen Aeste seitlich hypolemmale blasse Terminalfasern aus; mit diesen und in Folge der weiteren hypolemmalen Theilungen steigt die Zahl der Endfasern auf achtzehn.

Bei *a'* und bei *b* anscheinende Anastomosen; doch setzt sich die marklose Faser *b* nach kurzer Verdeckung durch die erste Theilungsstelle der Stammfaser *S* in die blasse Terminalfaser *b'* fort und liegt bei *a'* eine wirkliche Endigung vor, ebenso wie bei *a''*. In den Zweigen des hypolemmalen Geästes ist das Stroma überall hellrosa, die Axialkrume innerhalb desselben tiefer roth gefärbt, jedoch nicht so tief, wie die Endknospen. Alle hypolemmalen Fasern sind bis ans Ende scharf begrenzt vom Axolemm.

Fig. 45. *A—G.* Zur Structur der hypolemmalen Terminalfasern des Frosches. Vergr. $\frac{1800}{1}$.

A aus einer frischen Muskelfaser. Die Geweihstange zeigt eine feine geflammte Strichelung als Andeutung der filtrillären Structur ihres Inhaltes.

B. Meth. V ohne Sonderung in Stroma und Axialkrume; letztere vielleicht durch das granulirte Aussehen angedeutet.

C. Meth. III. Sonderung des Axialbaumes in Gestalt eines schmalen, mit wenigen Verdickungen versehenen sehr dunklen Stranges.

D. Häufigste Form des vergoldeten Axialbaumes.

E. Aehnlich, aber blasser gefärbt.

Diese Art der Goldbilder hat die meiste Aehnlichkeit mit dem von A. Ewald einmal beobachteten (vgl. Arch. f. d. gesammte Physiol. XII Taf. VII Fig. 6), das später von Ciaccio (Memorie dell'accad. d. Sc. d. Instituto di Bologna VIII Ser. III p. 25) unverständiger Weise für eine Faser mit Schwann'scher Scheide und deren Kernen erklärt wurde.

F und *G*: stärkste, auch die Gestalt des Stroma ergreifende Aenderung der Terminalfaser durch Ausbildung ihres Axialbaums.

Fig. 46. Ast eines Endgeweihs von der Eidechse, in der frischen Muskelfaser mit Collodium behandelt. Im Stroma sondert sich der Axialbaum in Gestalt eines wulstigen, schlauch- oder wurstartigen Körpers. Die Sohlenkerne von fein punktirter Granulosa (Glia) umgeben, wurde mitgezeichnet, um zu zeigen, wie gering zunächst die Veränderungen in der nächsten Umgebung des Geweihs durch das Collodium sind.

Fig. 47. Nervenfaser aus dem M. sternoradialis des Frosches. Meth. II nach starker Einwirkung des Goldes und längerer Maceration in Ameisensäure. Die Faser gehört zwar zu den dickeren, erreicht aber nicht den Durchmesser der eigentlichen „Riesenfasern".

K K ungefärbte Kerne der Perineuralscheide; *m m* Nervenmarkscheide, hellviolett; *a a a* Axencylinder in toto dunkel rothbraun gefärbt, ohne Sonderung eines Axialbaumes vom Stroma; erst unterhalb *b* wird ein Axialbaum, d. h. ein schwarzvioletter Strang *A* gesondert sichtbar,

umhüllt von dem rothen Stroma *S S*, dieses von *b* bis *b'* noch begleitet von der Markscheide, von *b'* an markfrei verlaufend.

Die Schwann'sche Scheide und deren Kerne waren an dem Präparate nicht deutlich.

Fig. 48. Muskelfaser aus dem Gastrocnemius von Bombinator ign. Meth. II. Das Mark des epilemmalen Nerven hat sich von dem praeterminalen Axencylinder zusammen mit der Schwann'schen Scheide eine Strecke weit innerhalb der Perineuralscheide zurückgezogen; zwei der ersteren angehörende Kerne liegen daher fast in demselben Niveau. Die Perineuralscheide stellt bis zu ihrer Ausbreitung als Telolemm einen zartwandigen, mit dünner röthlicher Flüssigkeit gefüllten Schlauch vor, aussen, in einer gelatinösen Masse belegt mit drei Kernen Die drei anderen dem hypolemmalen Nerven rechts folgenden Kerne sind vielleicht als solche des Telolemms aufzufassen, der grosse mit Kernkörperchen links als Sohlenkern. Die Kerne, obwohl ungefärbt, zeigen eine Structur, wie von Fadenknäueln herrührend. Im oberen Theile des Stangengeweihes und in einem kurzen Aste unten links hat sich das Stroma vom Axialbaum gesondert, während in den übrigen Aesten Totalfärbung vorliegt.

Fig. 49. Desgl. von Bufo. Im Geweih fast vollständige quere Zerklüftung des Axialbaumes, die zum Theil auch das Stroma ergriffen hat, beides als Artefact zu erachten; an den hypolemmalen Aesten zwei Kerne, den Endknospen des Frosches ähnlich.

Fig. 50 und 51. Desgl. Bei der Kröte und Unke häufige (auch bei den Reptilien) vorkommende Form des Axialbaumes mit dünnen, bogenförmigen Brücken zwischen dickeren Aggregaten. Diese Bögen bewirken die darmartigen Windungen und Einschnürungen des Stroma und springen bei Fig. 50 über den Muskelrand hervor, so dass sie aussen auf dem Sarkolemm zu liegen scheinen, das sie aber nur ausbuchten.

Fig. 51 zeigt das Sarkolemm abgehoben, wobei die Bögen des Axialbaumes gegen die Muskelsubstanz gewendet worden.

Bei Fig. 50 Andeutungen einer Glia (Sohlengranulosa) unter der Geweihstange.

Fig. 52. Nervenendigung in einem Oberschenkelmuskel von Salamandra maculosa. Meth. II. Vergr. $\frac{1800}{1}$.

Zu Perlschnüren umgewandelte hypolemmale Fasern. Statt des Axialbaumes bildet die Axialkrume völlig getrennte Klumpen (wie bei der Beerenbildung in den Geweihen der Reptilien auf Taf. B Fig. 22 und 24), die nur durch Stromabrücken verbunden bleiben, worüber der untere linke Theil der Figur besonders Aufschluss gibt.

Links höher ist in einem Stücke des Geweihs ausnahmsweise Totalfärbung eingetreten und die Lebensform infolge davon ziemlich erhalten. Zur Seite ein Muskelkern, der zugleich über die Grössen der Geweihtheile orientirt.

Der Stamm des vorliegenden Theiles des Geweihs ist marklos und lag wahrscheinlich epilemmal.

Tafel D.

Fig. 53. Frische Muskelfaser aus dem Oberschenkel von Lacerta ag., in physiologischer Kochsalzlösung. Vergr. $\frac{1450}{1}$.

Plattengeweih von normaler Breite der Aeste und Lappen. An der zutretenden markhaltigen Nervenfaser zwei Kerne der Perineuralscheide und ein Kern der Schwann'schen Scheide; über dem Geweih elf dunklere granulirte Telolemmkerne (im Druck viel zu dunkel gerathen), unter denselben viele Sohlenkerne mit einer Ausnahme (oben rechts) sämmtlich von dem Geweih zum Theil überdeckt. Die kernige Glia der Sohle überragt das Geweih fast überall und es trägt dies wesentlich zur Erkennbarkeit sämmtlicher Geweihgrenzen bei.

Die Technik der Lithographie, deren Willkür auch die wenig natürliche Querstreifung der Muskelfaser anheimfiel, vermag das blasse Bild, das wie ein Hauchbild sein sollte, nicht wiederzugeben. Verkleinerte Photographien, die ich von der Zeichnung aufnehmen liess, kommen jedoch dem Aussehen des Objectes recht nahe.

Von dieser Endplatte glückte es später durch Behandlung unter dem Deckglase ein Silberpräparat zu erhalten, das die Figur mit der ganzen Muskelfaser zwar etwas geschrumpft wieder brachte, aber verbürgte, dass dieselbe frisch richtig erfasst worden.

Fig. 54. Desgl. Vergr. $\frac{1100}{1}$. Nur der kleinere und weniger gestreckte Theil des nach rechts noch weit ausladenden Geweihs wurde gezeichnet.

Fig. 54 A. Nervenendigung aus einem Streifen des membranösen Brusthautmuskels von Lacerta agilis, frisch und ohne Zusatz beobachtet. Vergr. ca. $\frac{600}{1}$. An dem nachträglich in toto vergoldeten Muskel gelang es, dasselbe Geweih später wieder aufzufinden, indess mit erheblich verschmälerten Aesten und einer geringeren Anzahl von Anastomosen.

Fig. 55. Wie Fig. 54 A, aber bei ausschliesslich hoher Einstellung gezeichnet. Vergr. $\frac{1100}{1}$.

Fig. 56. Desgl. Gestrecktes Geweih in einer durch Zerfasern isolirten Muskelfaser; nur oben in der Zeichnung ist ein Theil des Geweihs compacter. Rechts schien noch eine stärkere weitere Verästelung unter dem in die Tiefe abbiegenden Sarkolemm zu liegen.

Fig. 57. Isolirte Faser aus dem nur auf starken Reiz noch reagirenden Oberschenkel einer langen im Strychnintetanus erhaltenen Eidechse; in NaCl 0,5%. Das Geweih zeigt noch breite Lappen, diese aber schärfer berandet als gewöhnlich. In den Lappen ist eine Andeutung des Axialbaumes zu sehen.

Fig. 58. Abbildung zu der im Text S. 69 u. 70 erwähnten Feststellung der Orientirung der Sohlenkerne in einer frischen, noch zuckungsfähig beobachteten Muskelfaser der Eidechse.

Fig. 59. Hoch hervorgedrängter Nervenhügel mit wulstigem Endgeweih, Sohle und Kerne, von einer vermuthlich tetanisch abgestorbenen Muskelfaser mit engster Querstreifung. Von der Eidechse.

Fig 60. *A* und *B*. Lappen eines Endgeweihs von der Eidechse. *A* frisch, *B* nach halbstündigem Liegen des Präparats in NaCl 0,5% verändert, indem der Lappen sich einbuchtete und ein vorher unsichtbarer Kern zum Vorschein kam.

Fig. 61. Nervenendigung in einem ohne Zusatz beobachteten dünnen Muskelstreifen aus dem M. gastrocnemius des Kaninchens. Profilbild. Vom Geweih sind zwei dicke Lappen sichtbar. In den Sohlenkernen auffallende Formen des Kernkörperchens.

Fig. 62. Riesenfaser aus der Nervatur des M. sternoradialis vom Frosch. Vergr. $\frac{1100}{1}$. Beobachtung nach etwa $^1/_2$ stündigem Liegen des Präparats in physiologischen Salzwasser. Unter der verhältnissmässig dünnen glänzenden Markrinde erscheint (rechts) abgehoben von der inneren Hornscheide, welche dem Marke knapp angeschmiegt bleibt, das dünnwandige Axolemm und erst von diesem löst sich der fibrilläre Axialstrang ab, umgeben von einem hellen, mit dünner Flüssigkeit gefüllten Raume.

Fig. 63. *a, b, c, d, e* Nervenfasern in der überlebenden Nickhaut des Frosches mit innerhalb der Markscheide sichtbaren Fibrillen.

In der glatten Faserstrecke *b* ist der fibrilläre Axialstrang am schwierigsten zu erkennen, sehr deutlich dagegen in der aufgebuchteten Faser *a*, ebenso oberhalb und unterhalb der durch den Kern der Schwann'schen Scheide bewirkten Einbuchtung der Faser *c*, während er an der verengten Stelle kaum wahrzunehmen, wenigstens schwer als streifig zu erkennen war. Nur in der feinsten Faser *e* ist kein Fibrillenstrang zu bemerken. In *d* unterscheidet sich der Strang nach Form und Streifung nicht von dem, bisher nur abgestorbenen Nerven zugeschriebenen federseelenartigen Gerinnsel.

Fig. 64. Desgl., nachdem die Ursprünge der Nerven in der Schädelhöhle etwa zehn Minuten durch unipolare, vollkommen localisirte Reizung mit einigen Pausen tetanisirt worden.

Sowohl in Fig. 63, wie in Fig. 64 muss die fibrilläre Streifung viel feiner und blasser gedacht werden, als die Lithographie sie darzustellen vermochte.

Fig. 65 und 66. Goldpräparat vom Frosch mit starker Färbung der Endgeweihe und sehr blass tingirter Muskelsubstanz. Vergr. $\frac{500}{1}$. Scharfe Profilbilder je einer durch die Behandlung sehr verschmälerten Faser der Stangengeweihe, sehr überzeugend für deren hypolemmalen Lage. Die Epilemmkerne *k k* decken die unter dem Telolemm liegenden Endknospen zur Hälfte. *K'* Kern der Perineuralscheide, *S* Kern der Schwann'schen Scheide.

Beide Figuren sind aus technischen Gründen zu hell gedruckt.

Tafel E.

Fig. 67—79. Vom Frosch. Meth. IV. Fig. 67—71 Stangengeweihe, Fig. 72—79 atypische Formen, Fig. 67, 68, 69 (Vergr. $\frac{960}{1}$) im Brusthautmuskel in situ beobachtet; bei Fig. 67 in *g* ausnahmsweise eine stimmgabel-

artige Theilung, wobei sich aber die Fortsetzung der oberen Zinke vor das Ende der anderen legt, so dass ein Haken mit Schenkeln von verschiedener Länge entsteht. Links in der Figur befindet sich eine zweite symmetrische Verästelung, die jedoch durch den Knick in einem der Aeste alsbald unsymmetrisch wird. — In Fig. 69 könnte die Schlängelung einzelner Geweihstangen auf den contrahirten oder geschrumpften Zustand der Muskelfaser bezogen werden; doch sprach die Breite der Querstreifung in diesem Falle nicht dafür und wird die Annahme noch unwahrscheinlicher dadurch, dass die nächst benachbarten Fasern fast in demselben Niveau gestreckte Geweihe besassen.

Fig. 70. Vergr. $\frac{950}{1}$. Aus dem Gastrocnemius; Theil eines Geweihs mit vier parallelen, etwas abgerundeten Bayonetten, die durch ihre Anordnung zu ungleichschenkligen Haken werden. Die Wurzel des Geweihs ist rechts zu denken.

Fig. 71. Desgl. mit kurzen schmalen Bayonetten. Die Wurzel des Hauptastes liegt links; in demselben sind die Fibrillen vom Stroma zur klumpigen Axialkrume umgeformt.

Fig. 72—78 der Reihe nach immer weiter von den typischen Stangengeweihen abweichende Formen aus dem M. sternoradialis; bei Fig. 79 aus dem M. gastrocnemius. Die unter den atypischen Geweihen befindlichen Kerne *KK* geben sich durch ihre zum Theil von den Muskelkernen abweichende Orientirung und Gestalt als Sohlenkerne zu erkennen.

Fig. 74—78. Breiteste Formen der Geweihäste, dargestellt nach photographisch auf $\frac{550}{1}$ reducirten Zeichnungen.

Fig. 74 und 76. Nervenendigungen, deren markhaltige Wurzel nachweislich aus einer Riesenfaser entsprang. In dem epilemmalen Aste *a* (Fig. 76) ist die Goldfärbung von der Markscheide fast ganz auf den Axencylinder übergegangen, der dadurch sehr intensiv gefärbt zum Vorschein kommt. Bei Fig. 75 entspringt das ganze Geweih, bei 78 ein Theil desselben aus einer marklosen epilemmalen Faser *l*.

Fig. 73 und 79 zeigen die auch beim Frosche an feineren hypolemmalen Nerven durch die Goldbehandlung entstehenden Perlschnurformen.

In Fig. 72 und 79 treten feinere und feinste Aeste unter den gewöhnlichen auf.

Tafel F.

Fig. 80—87. Atypische Nervenendigungen vom Frosch. Bis Fig. 86 $\frac{860}{1}$ bei 87 $\frac{380}{1}$; 81, 82, 86, 87 aus dem M. sternoradialis, die übrigen aus dem M. hyoglossus.

Fig. 87 vermuthlich embryonale Form. Die Figur stellt etwa 1/4 der sich weiter in der Muskelfaser erstreckenden Nervenendigung dar. Oben links ist an den Beeren Sonderung der Axialkrume vom Stroma zu erkennen. Zahlreiche Sohlenkerne liegen zwischen und unter den Geweihästen.

Fig. 88—92. Vom Proteus; *m* Muskelkern, *S* Kern der Schwann'schen Scheide; *K* viel grösserer Kern (Endknospe) zwischen dem Sarkolemm und dem

Geweihaste liegend. In der Geweihwurzel von Fig. 90 ist der Axencylinder intensiver gefärbt als das Mark. Die kleinen dunklen Anschwellungen in den Geweihästen (auch von F. Fig. 92) sind durch die Goldbehandlung entstandene Zusammenballungen der Axialkrume.

Ueber die Zeichen *e* (Haken), *q* (Quäste) vgl. den Text.

Tafel G.

Fig. 93 und 94. Von Salamandra mac. Vergr. nicht genau bestimmt. Fig. 94 typisches Stangengeweih aus marklosen epilemmalen Fasern entspringend; die einzige und ungetheilte hypolemmale Faser in der oberen Muskelfaser, die als eine ebenso seltene Ausnahme auftritt, wie die einzige Tförmige von Fig. 98 und deshalb abgebildet wurde, stellt möglicherweise weder die einzige Nervenendigung an der betreffenden Muskelfaser, noch das ganze Geweih an der vorliegenden Stelle dar, da andere Aeste der Vergoldung entgangen sein können. *m m* Muskelkerne.

Fig. 95—98. Von Triton crist.; 96 und 97 nur Theile des Geweihs; 96 scheinbarer Nervenring.

Fig. 99—102. Vom Huhn; 100 und 101 aus dem Brustmuskel, die übrigen vom Oberschenkel; 102 mit Hartnack's Syst. V. Oc. 3.

Fig. 103—105. Vom Kanarienvogel; 104 vom Oberschenkel, die übrigen aus der Brustmuskulatur. Vergr. $\frac{900}{1}$.

Taf. H.

Fig. 106—110. Nervenendigungen aus den rothen Muskeln von Emys europ.

Fig. 110—116. Aus den Muskeln von Anguis frag. Fig. 115 $\frac{1100}{1}$, die übrigen bei etwas schwächerer Vergrösserung. Bei Fig. 115 Totalvergoldung ohne Sonderung des Stroma vom Axialbaume, ebenso, obschon nicht überall bei Fig. 116; bei 112 dagegen das Stroma an allen Aesten als röthliche Umrahmung kenntlich.

Fig. 117. Von Coronella laevis.

Fig. 118—130. Vom Chamaeleon. 118—120 in isolirten Fasern der Oberschenkelmuskeln; bei Fig. 120 Ursprung einer markhaltigen Faser aus dem Geweih, welche sofort eine andere Muskelfaser mit einem Geweih versieht. Bei Fig. 123 ist das Stroma in derselben Weise kenntlich geworden, wie bei Fig. 112. Fig. 118 Vergr. $\frac{800}{1}$, 119 und 120 $= \frac{660}{1}$.

Fig. 120—130 aus Intercostalmuskeln; Beobachtung in situ.

Fig. 128 und 129 Vergr. $\frac{660}{1}$, 121, 122, 124, 126 $= \frac{800}{1}$, 125, 127 $= \frac{560}{1}$, 123 $\frac{1100}{1}$.

Die Buchstaben *c*, *h* und *f* bedeuten hier, wie auf den folgenden Tafeln, die Grundformen der Geweihe: *c* den „Haken", *h* die H-Form, *f* die „Fahne".

Tafel J.

Nervenendigungen aus dem Oberschenkel und aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis.

Fig. 131—148. Schwache Vergrösserung; 149—157 $= \frac{560}{1}$, 158—166 $\frac{1100}{1}$.

Die einfacheren Formen 131—144, ferner 154 und 155 durch Auswalzen erhalten.

In Fig. 165 und 166 ist das Stroma gesondert zu erkennen, bei ersterer an dem im Profil erscheinenden Aste, bei letzterer überall intensiver gefärbt.

Fig. 167. Silberpräparate.

Tafel K.

Fig. 168—175. Aus Oberschenkelmuskeln von Testudo graeca. Mit Ausnahme der schwächer vergrösserten Figur 175, Vergr. $\frac{900}{1}$.

Fig. 168. Merkwürdig gelapptes, den ganzen Muskelcylinder umgreifendes Geweih.

Fig. 169. Geweih, das grösstentheils denen vom Salamander und Triton gleicht.

Fig. 171—174. Geweihe in Nervenhügeln; 173 und 174 Profilbilder

Fig. 175. (Mit Hartnack's System V.) Reich verzweigtes Geweih in einer sehr dicken Muskelfaser; die Aeste und deren Anschwellungen sind in der Figur etwas zu dick ausgefallen.

Fig. 176—187. Von der Taube; 182 und 183 aus dem Oberschenkel, die übrigen aus den Brustmuskeln. Fig. 184—187 nach Silberpräparaten.

Fig. 188. Aus dem Oberschenkel vom Bussard.

Fig. 189. Von der Elster.

Fig. 190—195. Von der Krähe.

Fig. 196. Von der Mauerschwalbe.

Fig. 188—196. Vergr. $\frac{900}{1}$.

Tafel L.

Motorische Nervenenden vom Kaninchen.

Fig. 197—211 aus dem Unterschenkel, die übrigen aus Intercostalmuskeln. Vergr. $\frac{1100}{1}$ ausgenommen 198, 210 = $\frac{550}{1}$ und 202, 208, 214 a, 215, 229 = $\frac{600}{1}$.

Die Geweihe stellen der Reihe nach, in der sie beziffert sind, die von den einfachsten zu den complicirtesten aufsteigenden Formen dar.

Die Formen von Fig. 212, 213, 214, 214 a, 215, 225 sind auch in Intercostalmuskeln, wo die einfachsten Geweihe vorzukommen scheinen als seltenere zu bezeichnen.

Fig. 215 und 217 erinnern an die Stangengeweihe der Amphibien, ebenso Fig. 218. Bei Fig. 218 deuteten fleckige Goldausscheidungen in der Nähe der beiden Geweihäste auf unvollkommene Vergoldung und auf die Existenz von unkenntlich gebliebenen weiteren Aesten.

Fig. 229. Zwei ineinander greifende, aber getrennte Geweihe an einer Muskelfaser, jedes mit eigener markhaltiger epilemmaler Wurzel.

Tafel M.

Wie Tafel L. vom Kaninchen.

Fig. 230—234. Nervenendigungen aus dem M. M. intercostales. Vergr. $\frac{600}{1}$; 232 kann als typische H-Form gelten, worin der Querbalken des H im Gegen-

satze zur Lage des Buchstabens in den gestreckten Geweihen der Amphibien namentlich, senkrecht zur Axe der Muskelfaser liegt.

Fig. 235—241. Aus Muskeln des Unterschenkels; 237 und 241 Vergr. $\frac{560}{1}$; 237, 238, 239, 241 unentwirrbare Formen der labyrinthischen Geweihe; 237 seltenere Form eines Geweihs mit sehr breiten Lappen; Totalvergoldung.

Fig. 242 und 249. Aus dem Unterschenkel des Kaninchens, 107 Tage nach Durchfrierung des Nervus ischiadicus, als das Bein wieder beweglich und empfindlich geworden war. Die Nervatur der Muskeln wurde zum Theil bis an die Nervenhügel hin, wie es die Mehrzahl der Figuren zeigt, wieder markhaltig gefunden. Andere epilemmale Fasern Fig. 247 und 249 erwiesen sich dagegen marklos.

Fig. 247, 248, 249 zeigen die im Texte erörterte Vermehrung der Nervenhügel und Geweihe in einzelnen Muskelfasern.

Tafel N.

Motorische Geweihe vom Meerschweinchen.

Fig. 250—275 aus den M. M. intercostales und aus der Muskulatur des Unterschenkels.

Fig. 275. In einem gewöhnlichen zerfaserten Goldpräparate zufällig erhaltener vollendeter Querschnitt einer Muskelfaser mit Nervenhügel und Geweih. Drei grosse Epilemmalkerne sehr deutlich zu unterscheiden von einem in den Goldpräparate klar gebliebenen grossen Sohlenkern.

Sämmtliche Geweihformen dieser Tafel sind als sehr häufig vorkommende und fast als typische für das Meerschweinchen zu bezeichnen.

Tafel O.

Fig. 276—291. Muskelfaser mit Nervenendigungen aus den M. M. intercostales und der Unterschenkelmuskulatur vom Hund.

Tafel P.

Motorische Nervenendigung.

Fig. 292—304. Von der Maus.

Fig. 305—309. Von der Ratte.

Fig. 310—315. Vom Igel.

Fig. 316—322. Von der Katze.

Fig. 323. Aus einem soeben amputirten Unterarm vom Menschen.

Vergrösserung bei Fig. 295, 298, 299, 301—309 = $\frac{950}{1}$; bei 312 bis 318 = $\frac{900}{1}$, bei 316—322 = $\frac{1400}{1}$, bei den übrigen = $\frac{1100}{1}$.

Fig. 318 aus dem M. retractor bulbi, die übrigen theils aus den M. M. intercostales, theils aus dem Unterschenkel.

Fig. 301. Zwei nahe zusammengerückte Endgeweihe in einer Muskelfaser.

Fig. 315. Beim ausgewachsenen Igel nicht seltene embryonale Form der Nervenendigung.

Tafel Q.

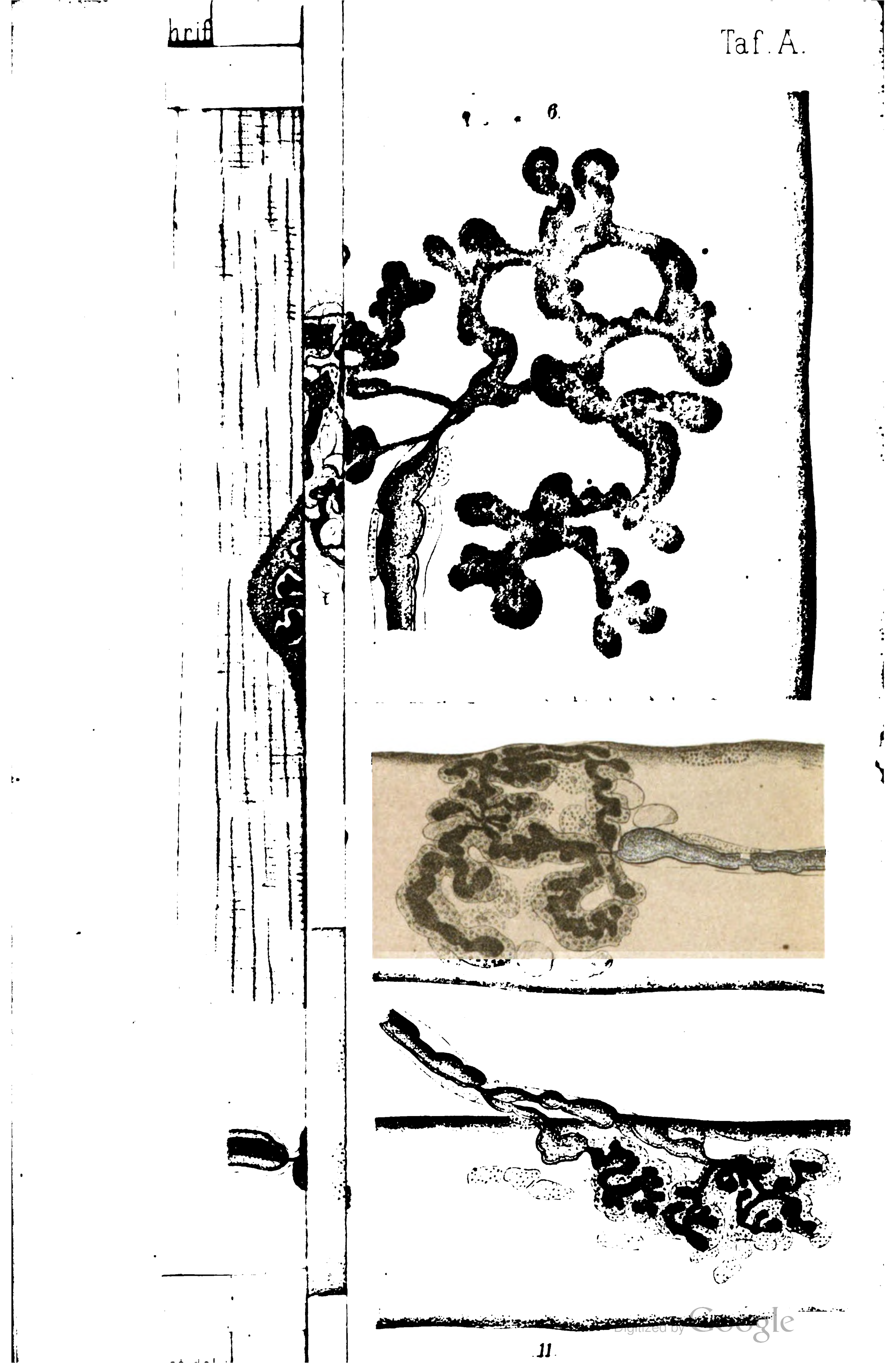
Versilberte Muskelfasern von Rana esculenta. Vergr. $\frac{210}{1}$.

Fig. 302—323. Aus dem M. sternoradialis. Die Figuren bilden eine Reihe der Uebergangsformen von den einfachsten und typischen Stangengeweihen zu den verwickeltsten, für die Amphibien atypischen plattenartigen Endigungen. Fig. 314 und 315 blattartige Endgeweihe.

Fig. 323 und 324. Anscheinend einfachste Nervenendigungen mit ungetheilten hypolemmalen Fasern aus dem M. hyoglossus, in unvollkommenen Silberpräparaten vorkommend.

K K Lücken mit oberflächlich gelegenen Muskelkernen.

Heidelberg, März 1886.


6.
11.

25

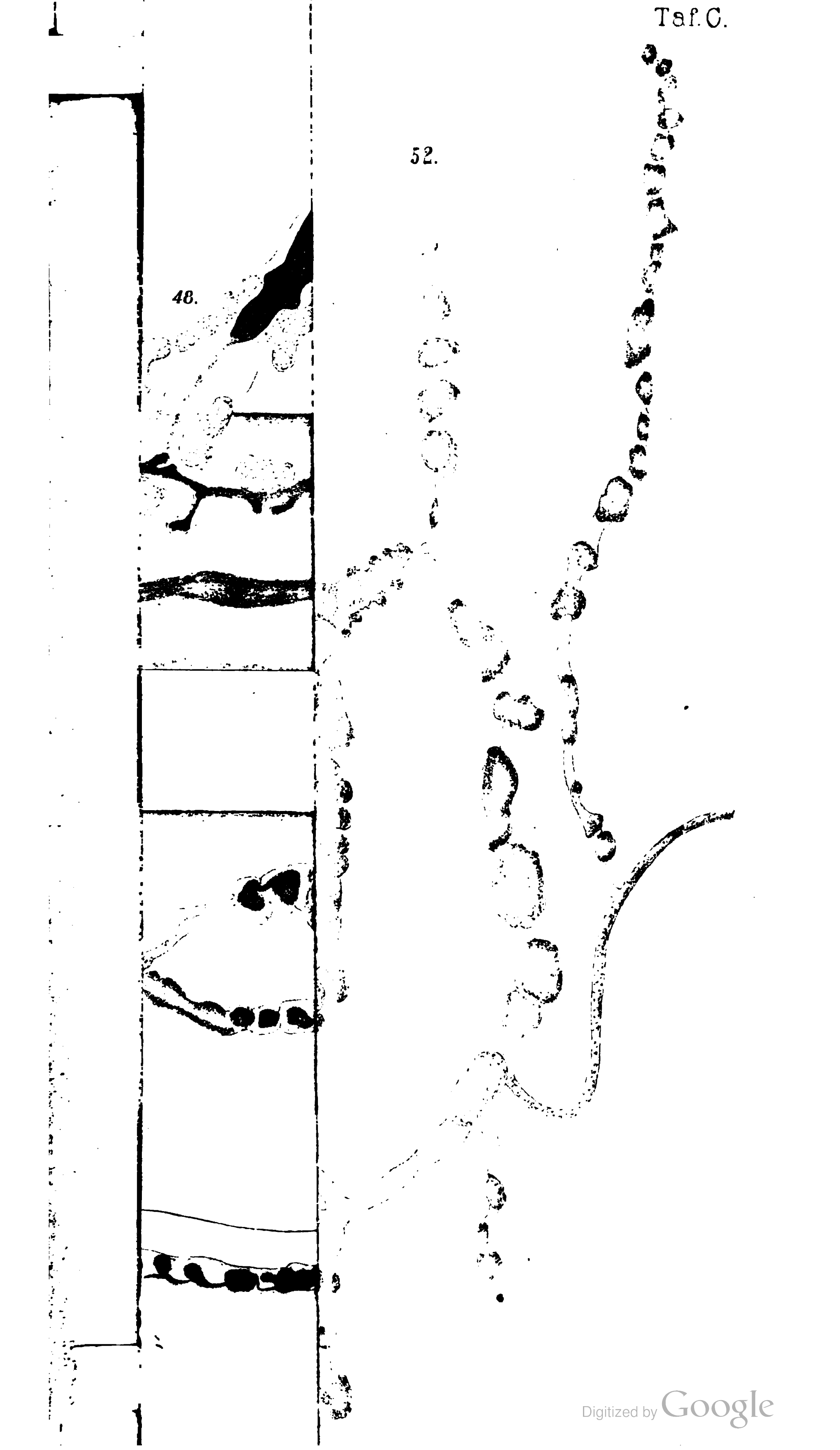
12.

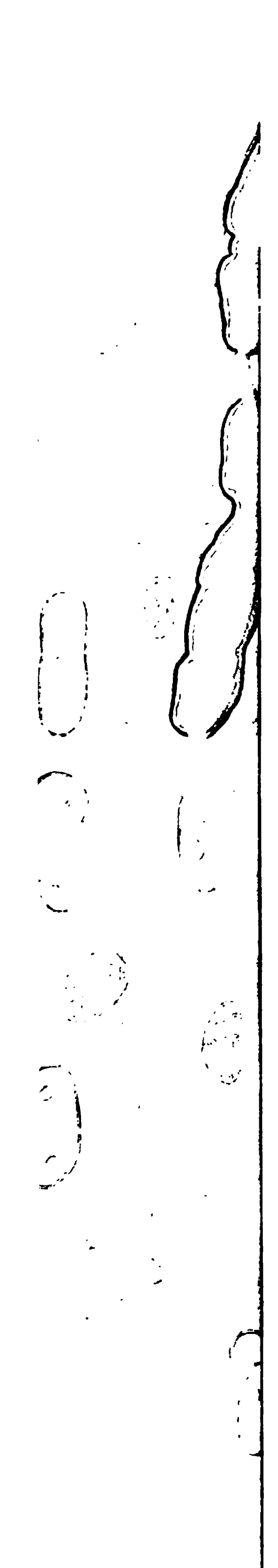
17.

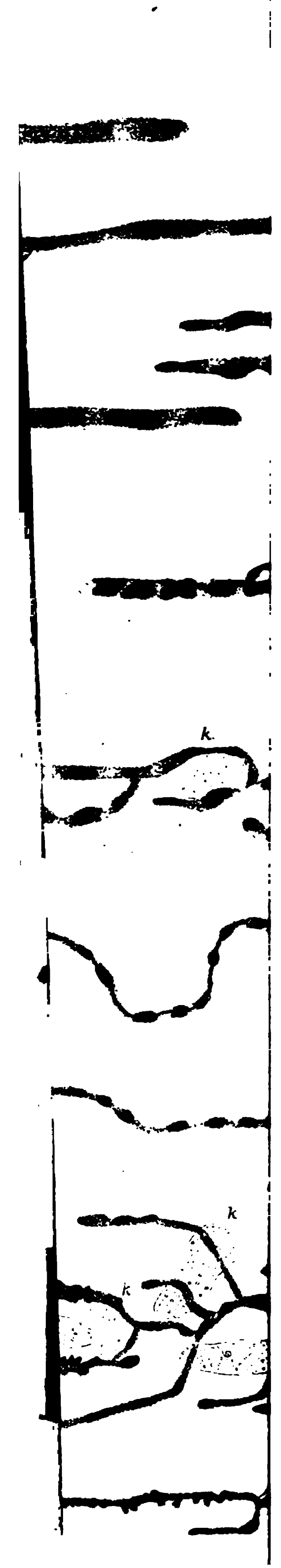
29.

W. Kühne ad nat. del.

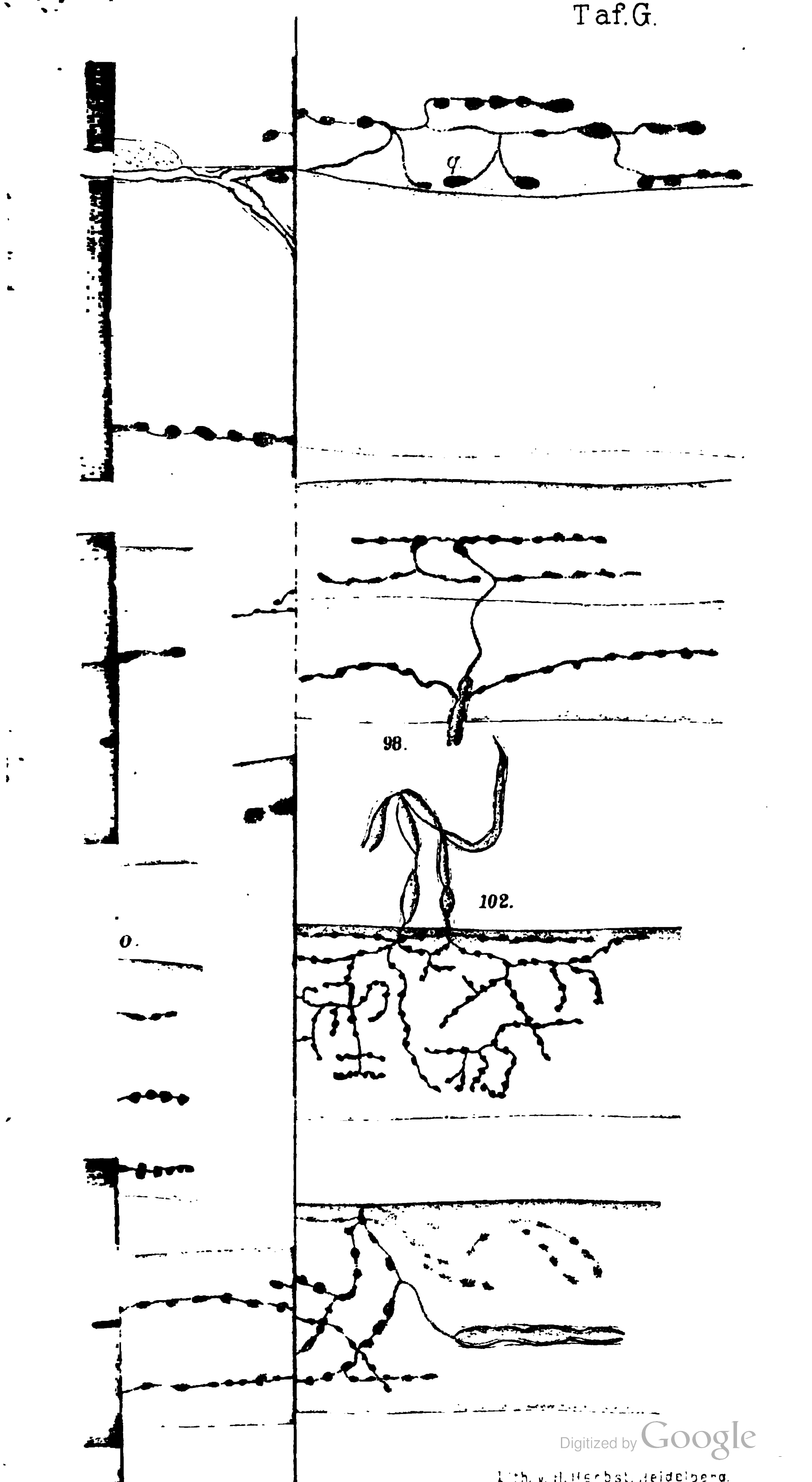



52.
48.

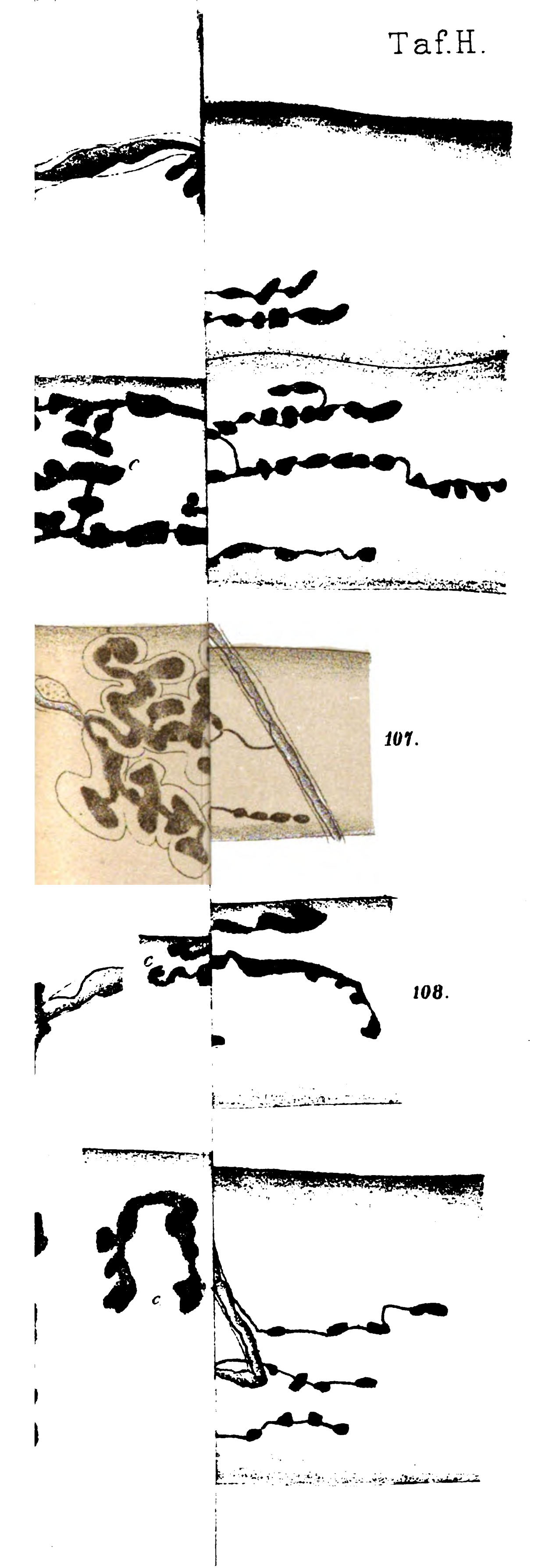



k.
k
k

ad nat.



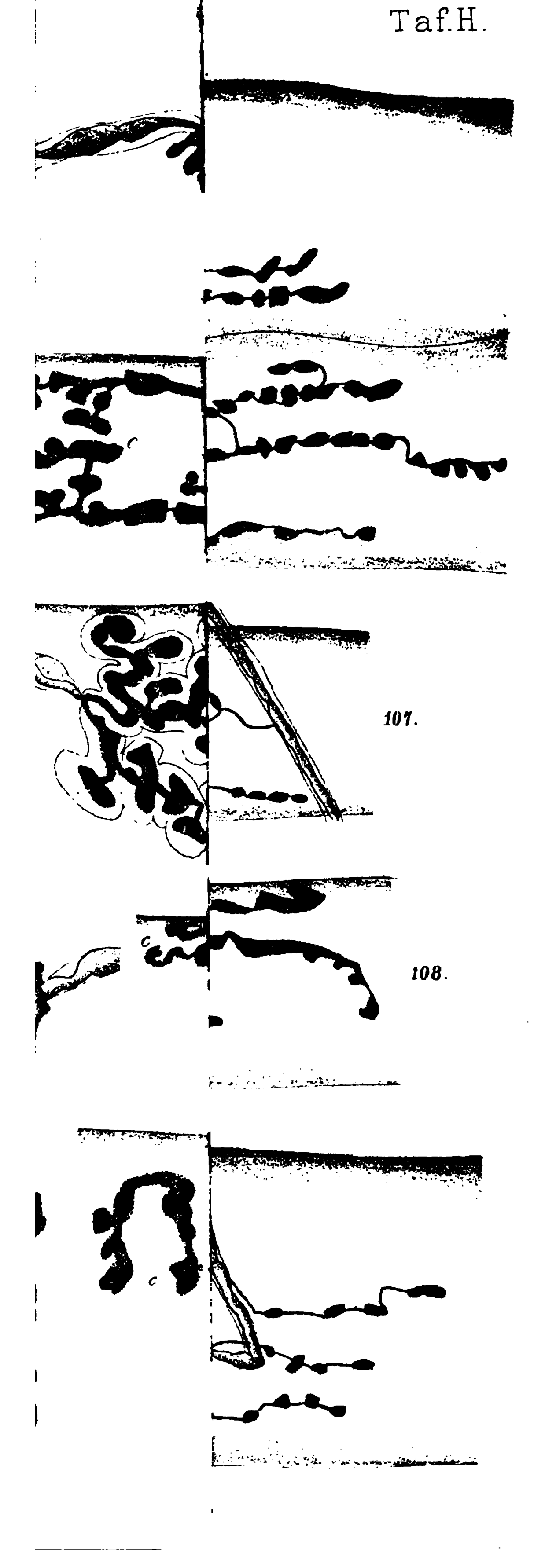
Lith. v. J. Herbst. Heidelberg.



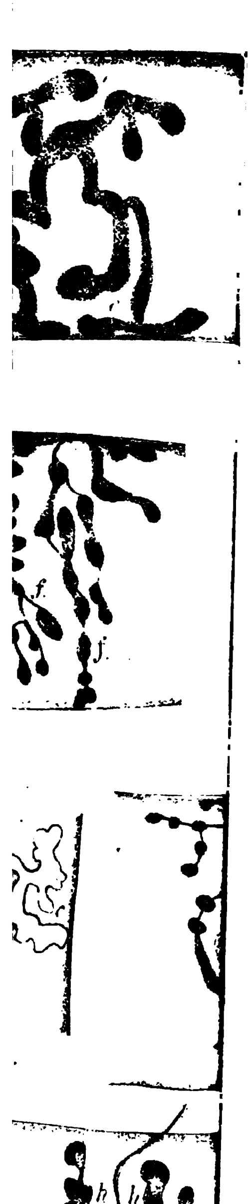
107.

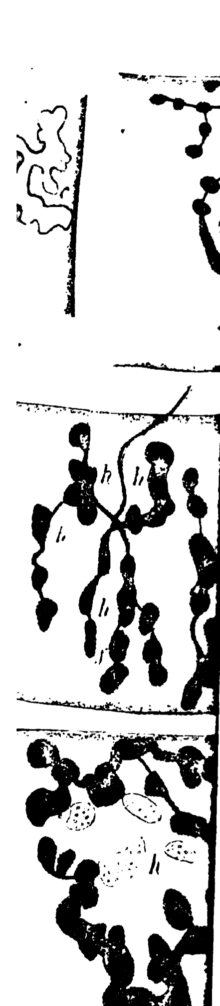
108.


'eitschr
131.
f.
c.
136
166.
c.
136.
f.
c.
f.
c.
Kühne ad n

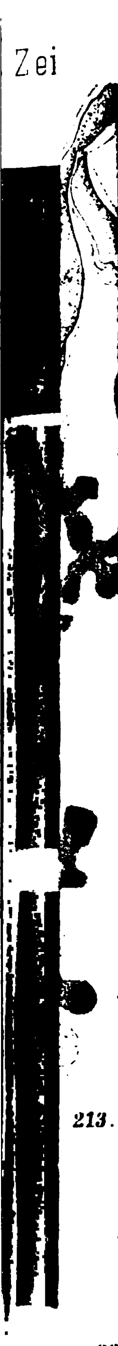

Taf.H.
c
107.
c
108.
c


eitschr
131.
f.
c.
136
c.
166.
136.
f.
f.
c.
c.
WKühne ad



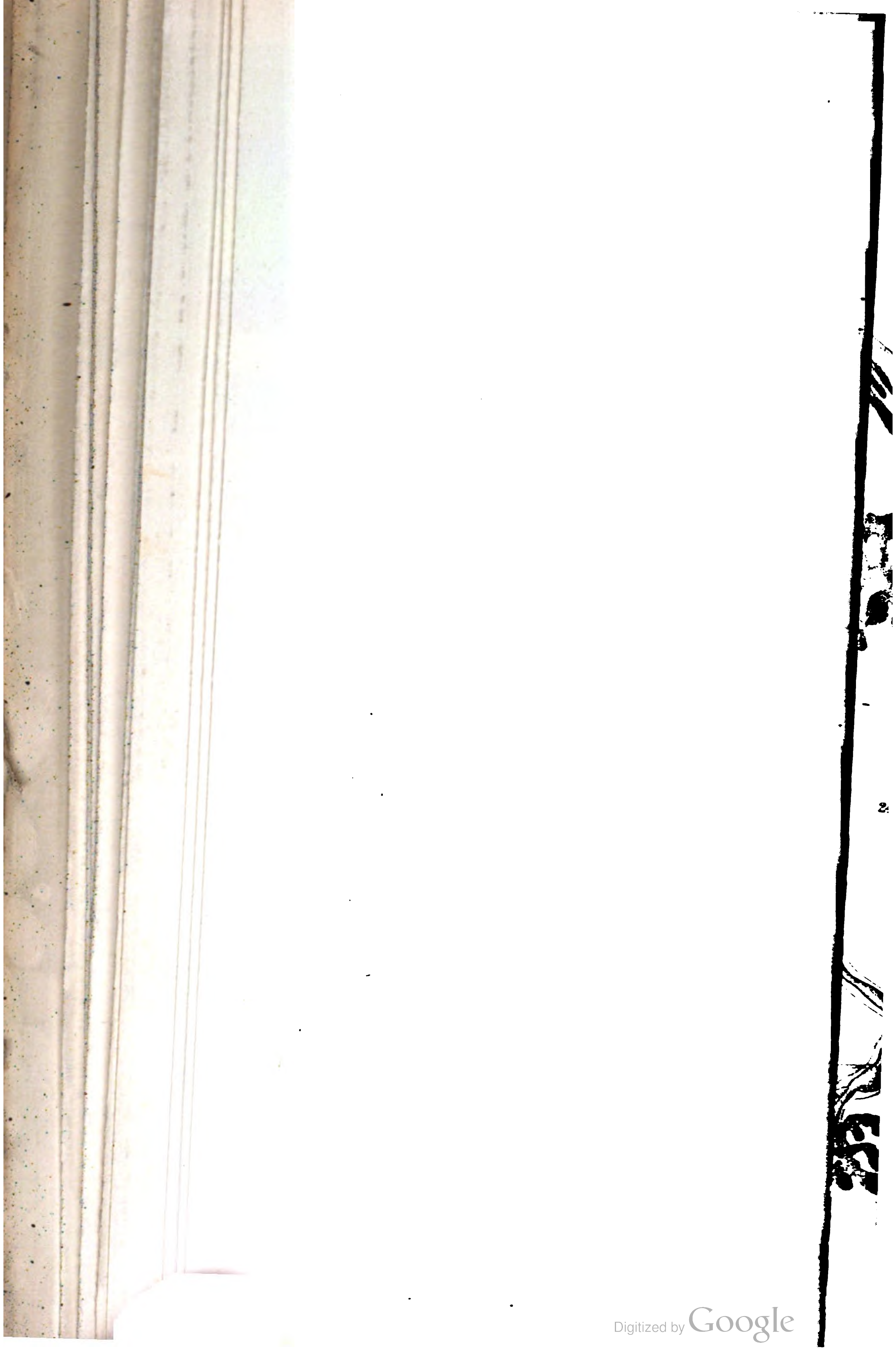


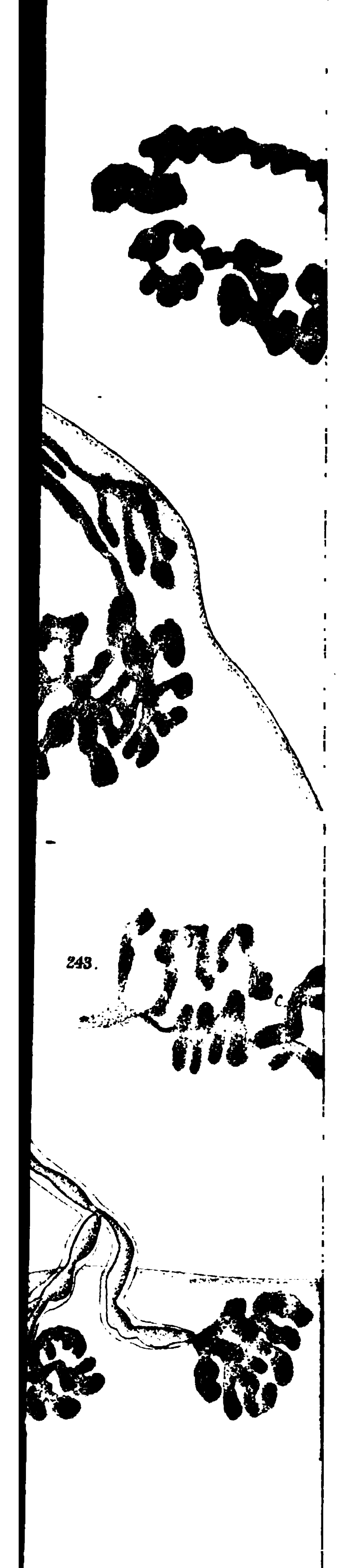
Zei

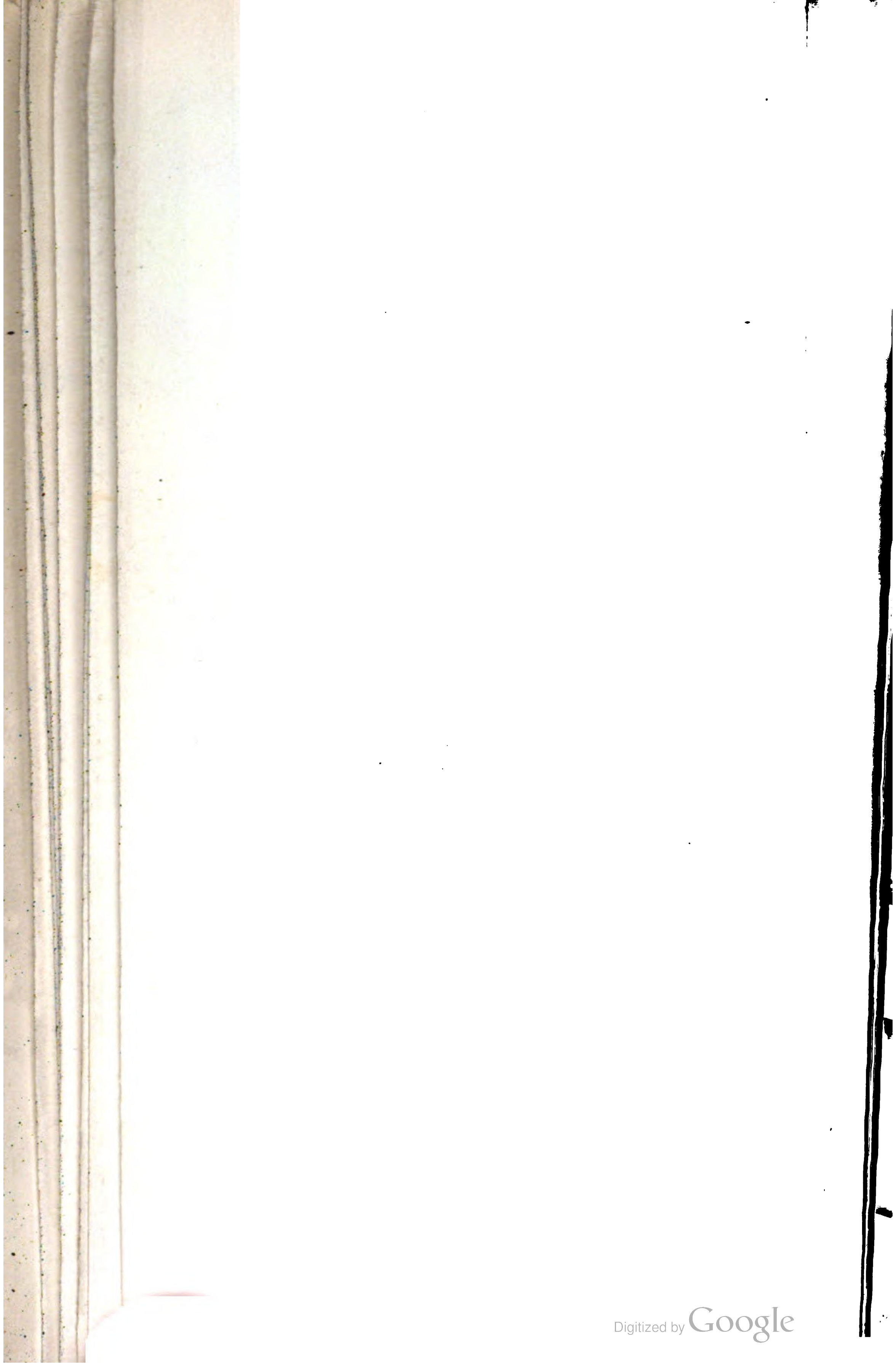


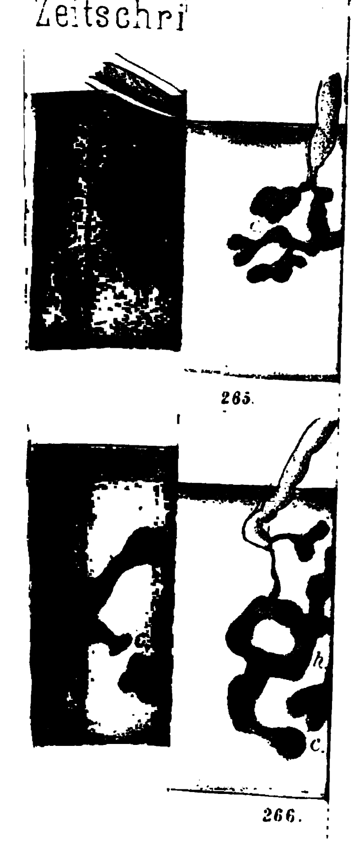
22.






243.
c





265.

266.



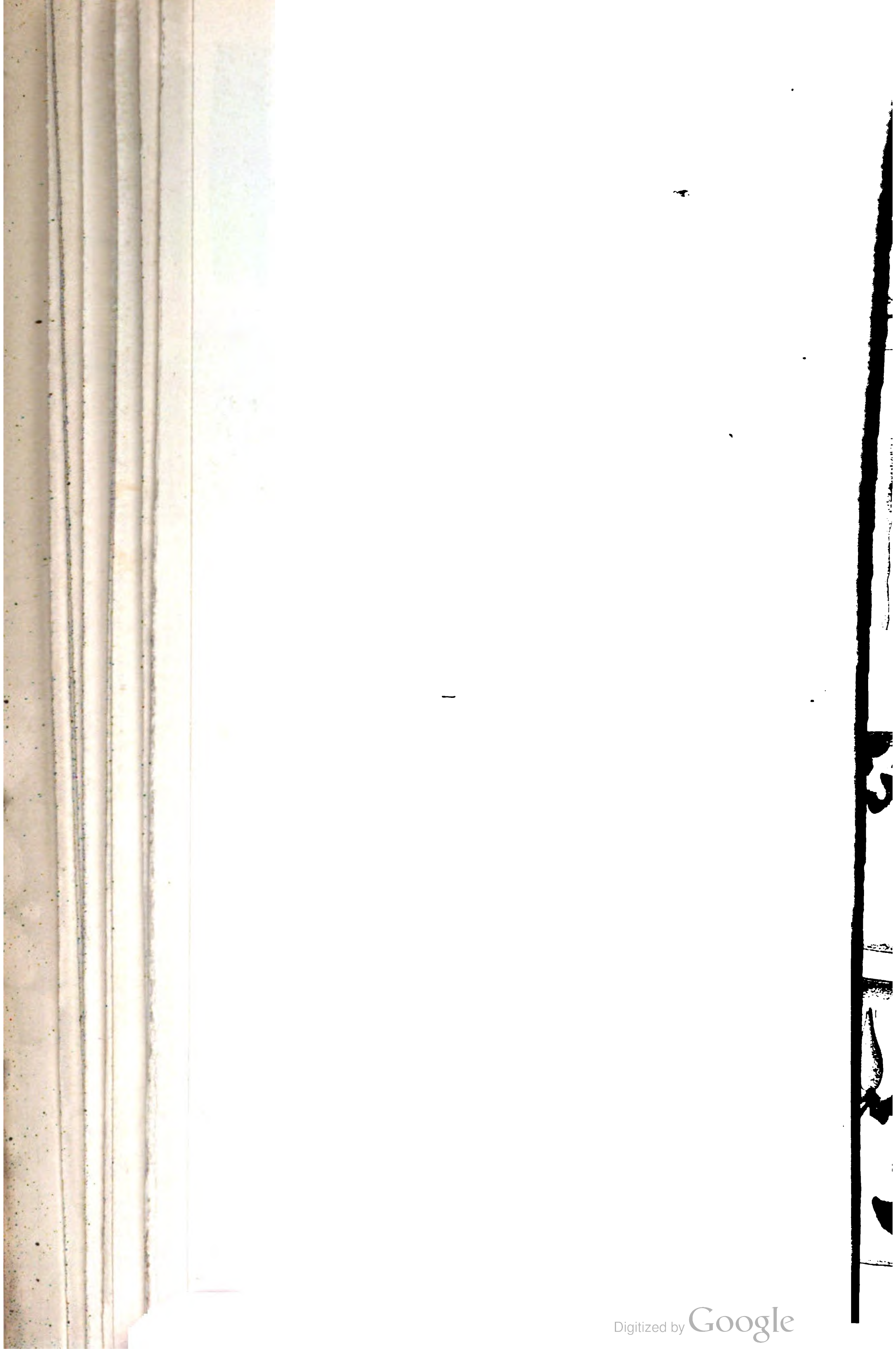
267.



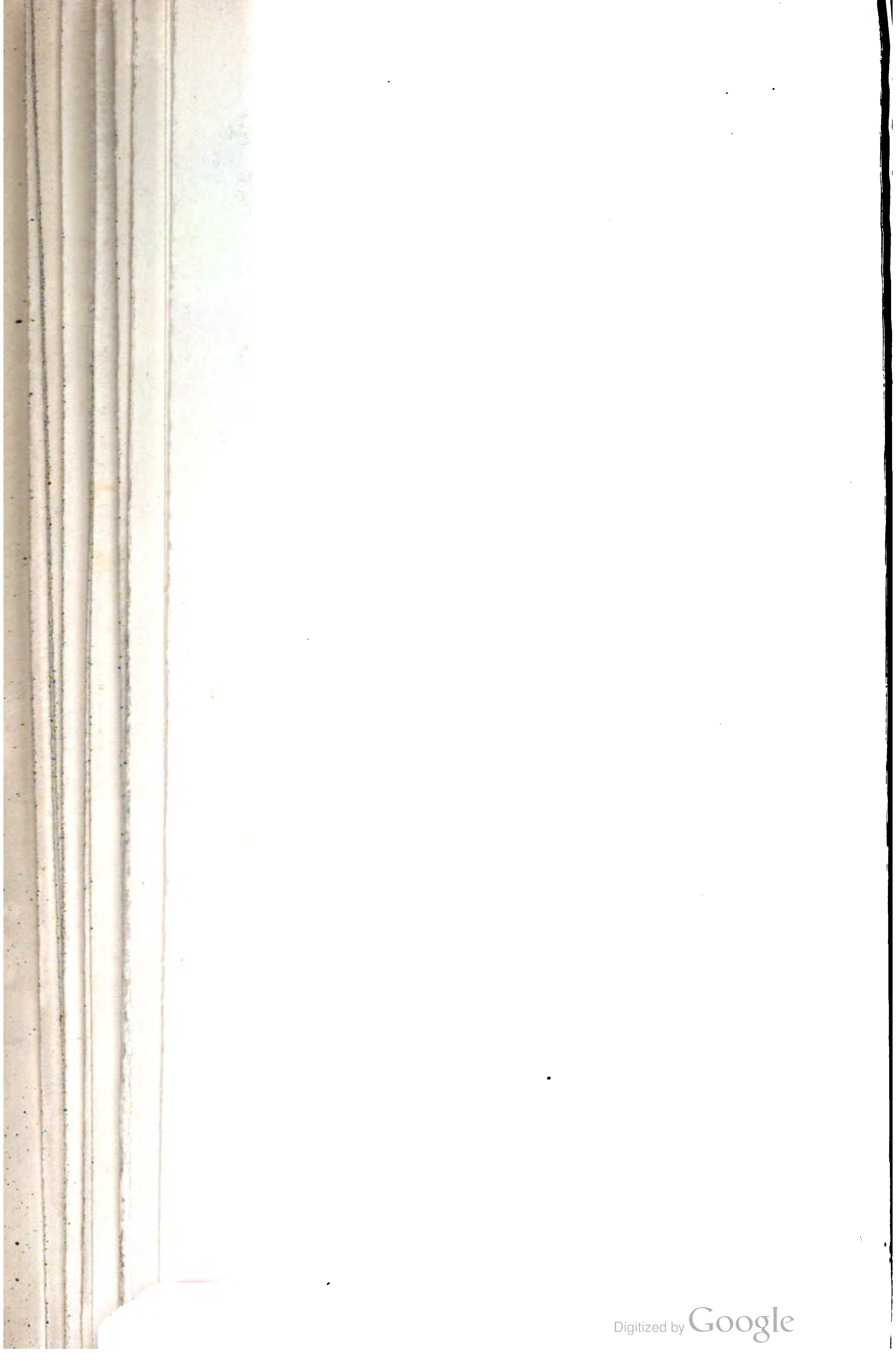
W.Kühne ad

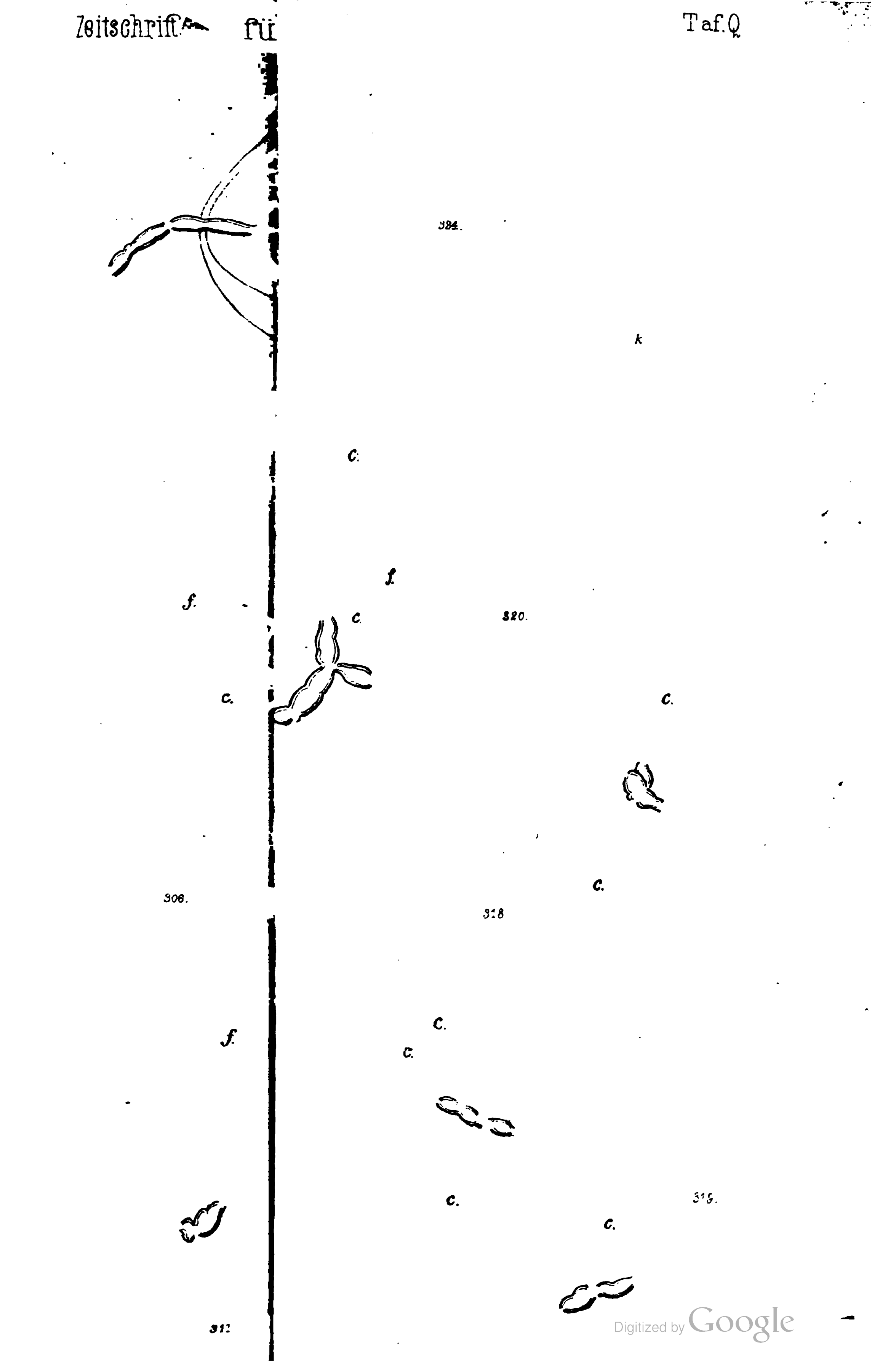


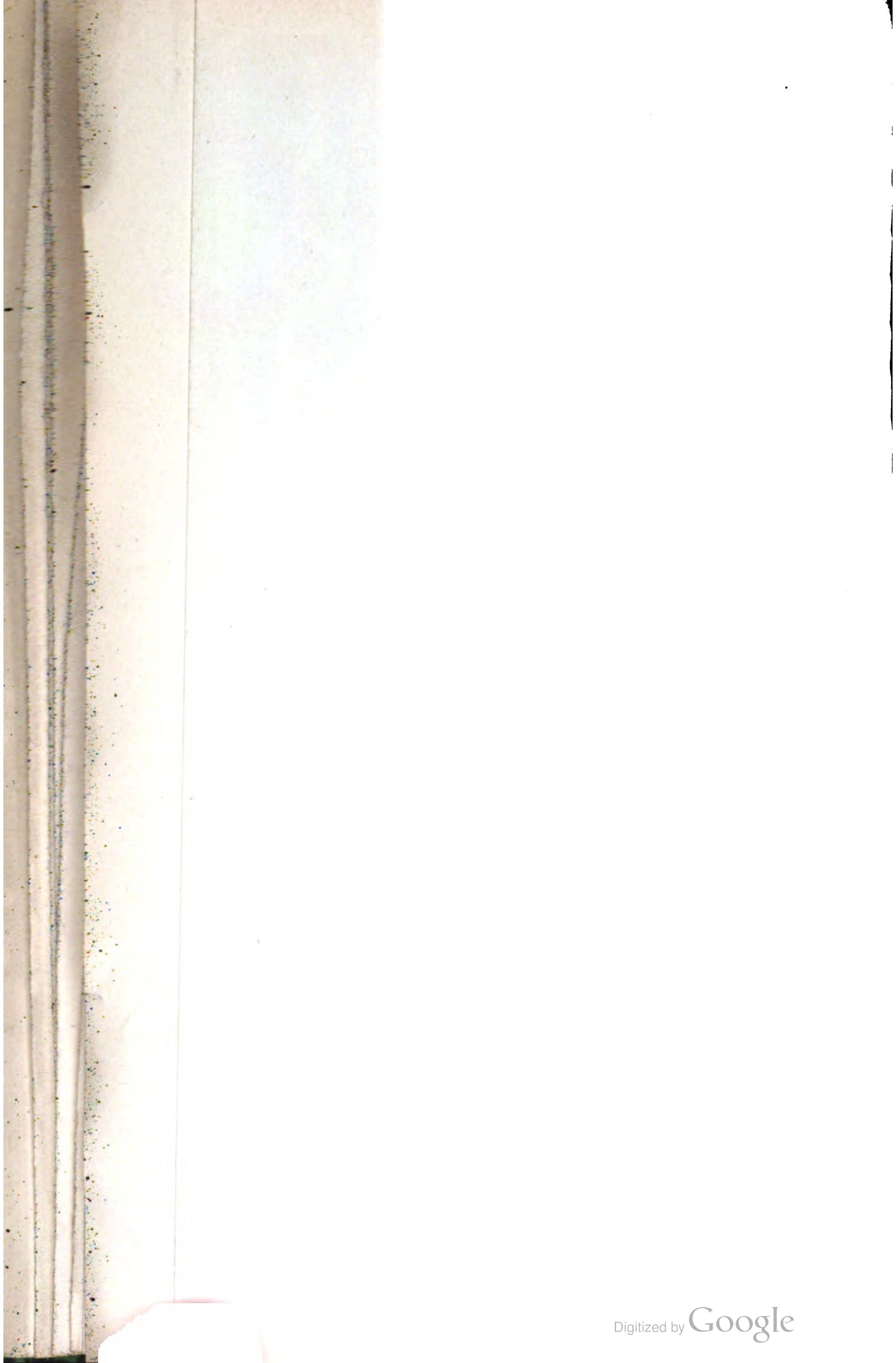

Zeitschrift für
c.
277.
c.
278.
c.
c.
279.




307




324.
k
c.
f.
f.
c.
320.
c.
c.
306.
c.
318
f.
c.
c.
c.
c.
312
c.



Der Ruperto-Carola

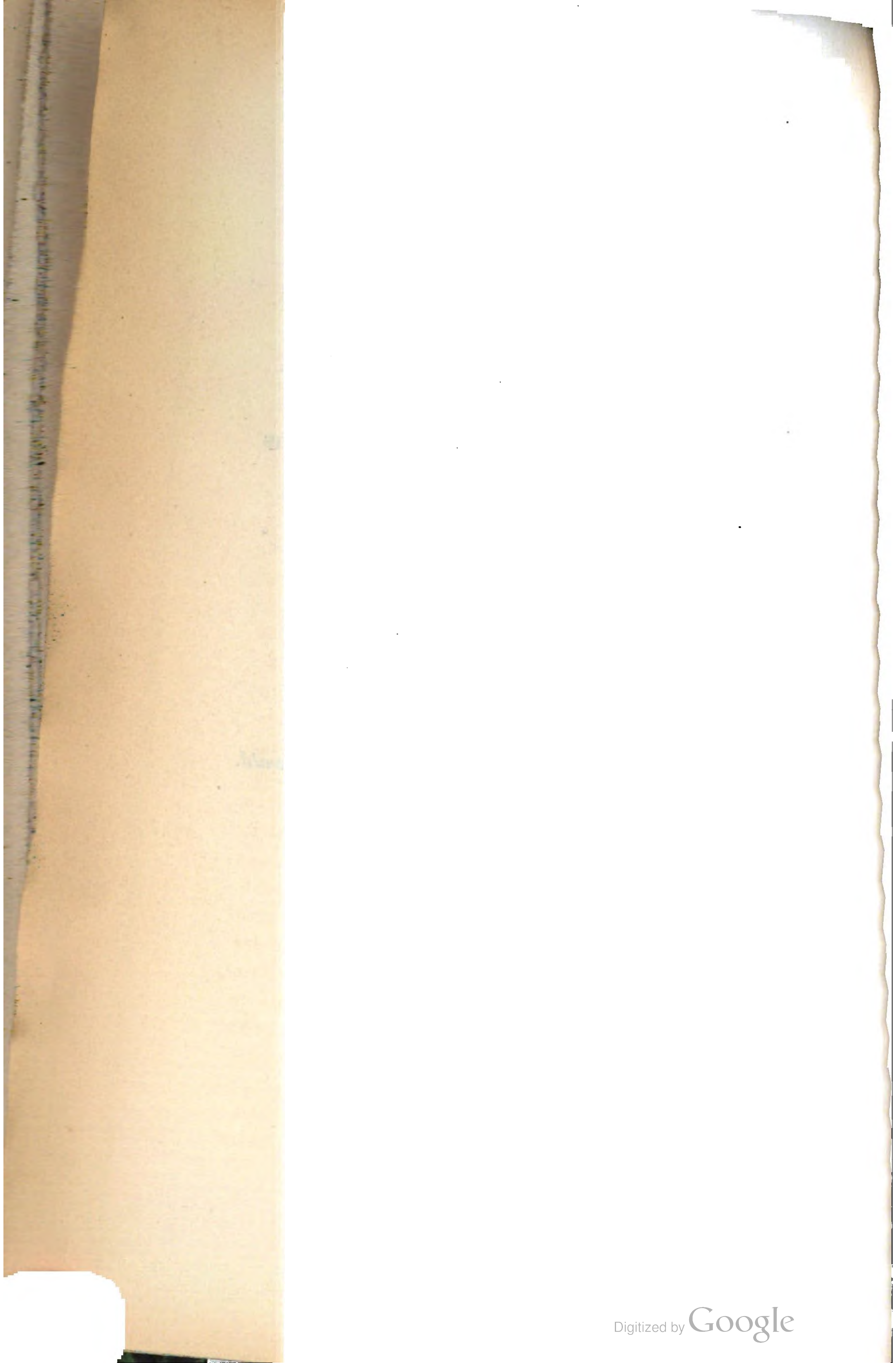
ihrer Alma mater

zur Feier ihres fünfhundertjährigen Bestehens

gewidmet

von

Hugo Kronecker und Max Marckwald.



Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen.

Von

Dr. **Max Marckwald** (Kreuznach).

(Aus dem physiologischen Institute zu Bern.)

Die Lehre von der Athmung hat seit Galen, der sie zuerst eingehender beschrieben hat, eine so reiche Literatur aufzuweisen, dass sie viele stattliche Bände zu füllen vermöchte. Leider hat die Aufklärung mit der Zahl der Abhandlungen nicht Schritt gehalten, und wir sind heute noch beinahe ebenso weit entfernt von der endlichen Lösung der Frage: was die Ursache der Athmung sei, wie Legallois und Flourens, welche den Ort des Centrums der Athmung feststellten und Marshall Hall und A. W. Volkmann, die durch zahlreiche bemerkenswerte Experimente ihre Theorien der Athmung begründeten. Man könnte beinahe sagen, dass in dem Maasse, wie Zeit und Scharfsinn seither zur Lösung dieser Aufgabe verwendet worden sind und schätzenswerthe Einzelheiten auf dem Gebiete der Athmung unserem Wissen gewonnen worden, in dem Maasse auch die Widersprüche gewachsen sind. Ja selbst das, was bis vor wenigen Jahren noch als feste und unumstössliche Errungenschaft der Wissenschaft galt, was durch zahlreiche physiologische Experimente erwiesen, durch Beobachtungen am Lebenden gestützt schien: die Kenntniss von dem Sitze und der Einheit des Athemcentrum, hat heute anderen Anschauungen weichen sollen. An Stelle des ehrwürdigen „noeud vital" sind ganze Reihen neuer Centren getreten, welche vom dritten Hirnventrikel bis hinab in das Rückenmark und an die Ursprungsstätten der Nn. phrenici localisirt worden, ja das decentralisirende Streben ist so weit gegangen, den verschiedenen Athemmuskelgruppen eigene „Centra" zuzusprechen, von denen aus ihre Innervation geregelt würde. Eben-

sowenig übereinstimmend sind die Anschauungen über die diesen Centren innewohnende Erregbarkeit (ihre sogenannte Automasie) über die natürlichen Erregungen dieser Centren (durch das Blut oder durch nervöse Einflüsse etc.), sowie über die Rolle, welche die einzelnen mit den Centren in Verbindung stehenden Bahnen centripetaler Nerven in Bezug auf die Auslösung der Athmung spielen. So erscheint die Lehre von der Athmung unklarer und verwickelter denn je, und wenn ich nunmehr meine auf sehr zahlreiche Beobachtungen gestützte langjährige Arbeit „über die Athembewegungen und deren Innervation" veröffentliche, so geschieht es in der Hoffnung, durch dieselbe eine grössere Einheit der Anschauungen wieder herzustellen und besonders den drohenden Ausschweifungen der Ansichten über Centra und centrale Functionen ein Ziel zu setzen. Ich werde mich dabei möglichst von allen Theorien freihalten und nur die aus eindeutigen Experimenten zu folgernden Schlüsse ziehen. Das verstreute literarische Material kritisch zu sichten und zu verarbeiten wäre eine schwere Aufgabe, deren Lösung ich nicht versuchen will. Die literarische Uebersicht am Ende dieser Specialuntersuchung beansprucht nicht als vollständig zu gelten; nur diejenigen Schriften, welche von der Innervation des Zwerchfells handeln, habe ich, so weit es mir möglich gewesen, vollständig zu berücksichtigen versucht und zwar in alphabetischer Ordnung der Autorennamen. Derart wird es dem Leser leicht sein, auch ohne Hinweis im Texte mit Hilfe des literarischen Anhangs dieser Arbeit die wünschenswerthen Belege zu finden.

Die ersten Resultate der von Prof. H. Kronecker und mir experimentell gewonnenen Erfahrungen „Ueber die Atheminnervation bei Kaninchen" haben wir bereits in Kürze in den Jahren 1879 und 1880 der Berliner physiologischen Gesellschaft vorgetragen, in deren Verhandlungen sie mitgetheilt sind. Die ausführliche Arbeit, welche ich jetzt veröffentliche und die zum Theile den Ausbau und die Vervollkommnung bereits damals gesammelter Erfahrungen enthält, ist durch viele neue Experimente ergänzt worden, welche ich diesen Winter im physiologischen Institute zu Bern ausgeführt habe und bei denen mich Prof. H. Kronecker wiederum beständig mit seinem Rathe unterstützt hat.

Als Versuchsthiere dienten Kaninchen. Da dieselben sowohl im normalen Zustande, als auch unter veränderten Bedingungen, mit Ausnahme der Fälle hochgradiger Dyspnoe, ausschliesslich mit dem Zwerchfell athmen und ich eine einfache Methode anwendete, die Bewegungen des letzteren genau zu registriren, erhielt ich Aufzeichnungen, welche über wechselnde Athemgrösse, sowohl als Athemanstrengung, wenn auch nicht absolut messbare, so doch genau vergleichbare Aufschlüsse gaben und complicirtere Apparate unnöthig machten. — Nur in einzelnen Ausnahmsfällen benutzte ich Hunde, Katzen und Murmelthiere und änderte dann nach Bedürfniss die Versuchsanordnung. — Im Folgenden sollen der Reihe nach betrachtet werden:

1. Das Zwerchfell und die Nn. phrenici,
2. die Rückenmarksbahnen der Athmung,
3. die Athemcentra in der Medulla oblongata,
4. die centripetalen Wege der Athmung, deren Function und normaler Tonus,
5. die Erregungsursachen des Athemcentrum,
6. die Apnoe.

I. Das Zwerchfell und die Nn. phrenici.

Genesis der einfachen Athmung.

Beim Menschen geschieht die Athmung bekanntermaassen sowohl durch das Zwerchfell als mittels der Brustmuskulatur und zwar gewöhnlich gleichzeitig. Doch kann unter gewissen Bedingungen, z. B. während des Chloral-Schlafes nach Mosso die Incongruenz der Athmung so gross werden, dass Bauch und Brustwand längere Zeit in entgegengesetzter Richtung sich verschieben. Dasselbe sieht man unter gewissen Verhältnissen bei Kaninchen, worauf wir später zurückkommen werden. Auch die Ausschaltung des einen oder des anderen Systems der Brust- oder Bauchathmung beim Menschen, wenngleich meist mit schweren Störungen der Athmung verbunden, ist nicht absolut tödtlich und kann selbst längere Zeit ertragen werden. Wir wissen, dass schon normalerweise die Frauen hauptsächlich mit dem Thorax athmen, die Männer mit dem Zwerchfell, und Mosso hat die interessante Thatsache beobachtet, dass im Schlafe bei beiden

Geschlechtern die Athmung thoracal wird, ja dass während desselben das Zwerchfell sich öfter so wenig bewegt, dass man an eine Lähmung dieses Muskels glauben könnte. Charles Bell, Romberg u. A. haben die Athmung bei Leuten beschrieben, welche Verletzungen der Wirbelsäule in der Gegend der untersten Hals- und obersten Brustwirbel erlitten hatten derart, dass bei ihnen die Intercostalmuskeln und die exspiratorischen Bauchmuskeln gelähmt waren; nur diaphragma, serratus, sternocleidomastoideus und trapezius functionirten noch. Das Einathmen bestand dabei in kurzen, schnellen Zügen, das Ausathmen und jede damit verbundene Action war unvollkommen, da sie nicht durch Muskelzusammenziehung, sondern durch Elasticität der Rippen und Bauchdecken, sowie durch den Druck der Baucheingeweide gegen die untere Fläche des erschlafften Zwerchfells zu Stande kommt. Aehnliche Zustände zeigen sich zuweilen in der Spondylarthrocace der Halswirbel, dauern längere Zeit an und verschwinden mit der Heilung dieser Krankheit. Duchenne beobachtete am Lebenden eine Lähmung sämmtlicher Athemmuskeln mit Ausnahme des Zwerchfells, z. B. nach Fall aus grosser Höhe und Verletzung der Wirbelsäule im Niveau des Plexus brachialis; ferner bei Zerstörung der Intercostalmuskeln durch progressive Muskelatrophie. Auch in diesen Fällen fand die Athembewegung nur im unteren Theile der Brust und im Bauche statt, wie grosse Anstrengungen der Kranke auch machte, tief zu inspiriren und seinen Thorax auszudehnen. Im Gegensatz dazu beobachtete Duchenne Fälle, bei denen vollkommene Paralyse und Atrophie des Zwerchfells bestanden, derart, dass bei der Inspiration Epigastrium und Hypochondrien einsanken, während die Brust sich ausdehnte und umgekehrt bei der Exspiration. „Die Kranken, sagt Duchenne, schienen ihre Baucheingeweide zu aspiriren bei der Erweiterung des Thorax während der Inspiration.“ Solche Fälle beobachtete er bei Hysterischen, bei Bleivergiftungen, bei progressiver Muskelatrophie etc., und zwar zuweilen mehrere Jahre hindurch. Die Respiration ist dabei häufiger als normal, erscheint während der Ruhe und im Schlafe nur wenig gestört und geschieht ohne die ausserordentlichen Hilfsmuskeln. Die Einathmungen werden hauptsächlich durch die Mm. intercostales und scaleni bewirkt. Bei

gesteigerter Anstrengung aber entwickelt sich hochgradigste Dyspnoe und Gefahr der Erstickung. Bei Verletzungen des Rückenmarkes oberhalb des Ursprungs der Zwerchfellnerven erfolgt der Tod meistens rasch. Bell schildert einen solchen Verwundeten, der noch eine halbe Stunde am Leben geblieben war. Die Athembewegungen fanden nur durch die Hals- und Schultermuskeln statt; bei jeder Inspiration wurde der Kopf zwischen die Schulterblätter herabgezogen. Das Zwerchfell regte sich nicht. Viel gefährlicher als die isolirte Paralyse des Zwerchfells scheint eine länger dauernde Contractur dieses Muskels zu sein. Duchenne erwähnt in seinem berühmten Buche: de l'électrisation localisée zweier Fälle. Den einen im Gefolge eines Rheumatismus, den anderen während eines tetanischen Anfalls; während der zweite Patient nach Aufhören des tetanischen Anfalls sich schnell besserte, ging der erstere durch Asphyxie in kürzester Zeit zu Grunde.

Fick hält, gestützt auf „geometrische Ueberlegungen" und Selbstbeobachtung, das Zwerchfell normalerweise für einen ganz unwesentlichen Athemmuskel beim Menschen. Seine Innervation bei der Athmung soll nur verhindern, dass er angesaugt werde. Für wesentlichste Inspirationsmuskeln erblickt er die Musc. intercostales externi. Auch die normale Exspiration sei activ. Hierzu seien die Bauchmuskeln nicht erforderlich, sondern nur die Musc. intercostales interni.

Bei den Thieren, welche für gewöhnlich hauptsächlich mit dem Brustkorbe athmen, hat die Durchtrennung beider Phrenici ebenfalls mehr oder weniger bedeutende Störungen im Gefolge. Panizza durchschnitt bei Hunden beide Zwerchfellnerven und fand, dass die Athmung dadurch beschleunigt wurde, der Brustkasten sich im höheren Maasse erweiterte und die Muskeln desselben später stärker ernährt wurden, so dass der Querschnitt der Brusthöhle zunahm. Auch ich kann bestätigen, dass Hunde die Ausschaltung beider Phrenici gut überstehen. Bei Pferden fand Panizza die Athmung nach der Operation mehrere Tage hindurch beschwerlich und mit etwas kraftvoller Ausathmung. Schafe starben, wie derselbe Forscher berichtet, zwei Tage nach Durchtrennung der Zwerchfellnerven. Die Leichen zeigten Blutüberfüllung der Venen des Unterleibs,

zahlreiche Nahrungsreste und Gase im Magen, Verengung der Brust (?), viel Blut und wenig Gas in den Lungen. Bei den Thieren, welche hauptsächlich oder ausschliesslich mit dem Zwerchfell athmen ist die Ausschaltung der Phrenici ein weit bedeutenderer Eingriff. Doch können Kaninchen, trotz ausschliesslicher Bauchathmung unter Umständen noch monatelang nach Durchtrennung der Zwerchfellnerven fortleben. Dies hatte bereits Valentin im Jahre 1848 beobachtet und Budge 1855 bestätigt, während Arnold 1836 mitgetheilt hatte, dass die Athmung nach der Phrenicus-Operation nur schwach war und bald gänzlich erlosch. In einer Reihe späterer Untersuchungen, welche Budge und in Gemeinschaft mit ihm Eulenkamp angestellt haben, schilderten dieselben die hochgradige Dyspnoe, welche bei Kaninchen eintrat, wenn man die Phrenici mit allen Wurzeln durchtrennte, und fügten hinzu, dass solche Thiere dann nach kurzer Zeit zu Grunde gingen. In Folge dieser Mittheilung, wie es scheint, ist dann in einige Lehrbücher der Physiologie (vergl. Landois) die irrige Bemerkung aufgenommen worden, dass die Lähmung beider Phrenici tödtlich sei. Auch Panizza (1865) berichtete, dass Kaninchen nach Durchtrennung beider Zwerchfellnerven am 2. Tage starben. Um diese Widersprüche zu klären, machte ich in Gemeinschaft mit H. Kronecker im Jahre 1879 eine Reihe von Versuchen an Kaninchen in verschiedenen Lebensaltern. — Um sicher zu sein, den Phrenicus unterhalb der vom Halse zu ihm tretenden Wurzeln und Zweige aufzufinden und zu durchtrennen, empfiehlt sich folgendes Operationsverfahren: Man macht bei einem Kaninchen einen Medianschnitt vom unteren Drittheile des Halses bis auf die Incisura sterni, geht dann am medialen Rande des sternomastoideus, zwischen diesem und dem Musc. Sternothyreoideus entlang, hier findet man die Vena jugul. extern. und lateralwärts von dieser in der Tiefe den Plexus cervicalis des 5. bis 7. Cervicalnerven. Von letzterem medianwärts zieht auf dem Musc. scalenus von aussen nach innen in Begleitung einer kleinen Vene der N. phrenicus. Präparirt man denselben von dort ein wenig nach unten, bis unmittelbar nahe der Stelle, wo er hinter die Vena subclavia und dann in die Brusthöhle tritt, so kann man ihn dort leicht und sicher durchschneiden, nachdem er alle seine im

Ursprunge etwas inconstanten Zweige erhalten. Bei der Durchtrennung eines Phrenicus steht das Zwerchfell auf der entsprechenden Seite sofort still, das Thier athmet sonst ruhig weiter und man merkt ihm keine wesentliche Athemnoth an. — Sofort aber nach Durchschneidung beider Phrenici tritt bei älteren Kaninchen (über sechs Monate), wenn sie vorher ganz ruhig geathmet hatten, die hochgradigste Dyspnoe ein. Die Athmung wird alsbald rein thoracal, mit jeder Einathmung sinkt der Bauch ein, und wird bei jeder Ausathmung vorgetrieben, während bei Zwerchfellathmung die Bauchdecken bei der Inspiration vorgewölbt, bei der Exspiration eingesogen werden. Alle Athemmuskeln der Brust, des Halses und des Gesichts betheiligen sich, die Nasenflügel werden weit geöffnet, ja es treten allgemeine Convulsionen des Körpers ein und das Thier muss schleunigst losgebunden werden, so drohend sind die Symptome. Sofort legt es sich platt auf den Bauch, als ob es für die Contraction seiner Bauchmuskeln eine feste Stütze suchte. Allmählich beruhigt sich das Thier etwas mehr, es lernt thoracal athmen und wenn auch die Athmung stark dyspnoisch bleibt, mit weiter Oeffnung der Nasenlöcher, so kann es doch monatelang in sonst ungestörter Gesundheit fortleben. (Eines der so operirten Thiere warf 2½ Monate nach der Phrenicus-Durchschneidung Junge.) Dieses aber gilt nur für ältere Thiere. Junge Kaninchen dagegen, im Alter bis zu vier Monaten und noch darüber, ertragen die doppelseitige Phrenicus-Durchschneidung nicht, sondern gehen, je nach dem Alter, in wenigen Minuten nach der Operation unter starken Convulsionen und Cyanose, oder nach zwei bis drei Tagen asphyktisch zu Grunde. Bei der Section findet man dann die Venen und das rechte Herz mit Blut überfüllt, die Lunge dunkel blauroth, vielfach mit Ekchymosen an der Oberfläche und im Innern besetzt. — Es galt nun, zuerst einen genauen Aufschluss zu gewinnen über die Aenderungen der Zwerchfellathmung vor, während und nach Durchtrennung der Phrenici. Um von der wechselnden Form, Höhe und Geschwindigkeit derselben ein getreues Bild zu erhalten, benutzte ich die graphische Methode, vermittelst des von Kronecker und mir construirten und in der Mittheilung vom Jahre 1879 bereits skizzirten Zwerchfell-Doppelhebels. Dieser kleine und einfache Apparat, nach

dem von Rosenthal angewendeten Princip, jedoch bei Weitem einfacher gebaut, gab in jeder Beziehung so genaue und befriedigende Resultate, dass ich denselben für alle meine Versuche zur Registrirung der Athmung bei Kaninchen benutzte und diese Methode

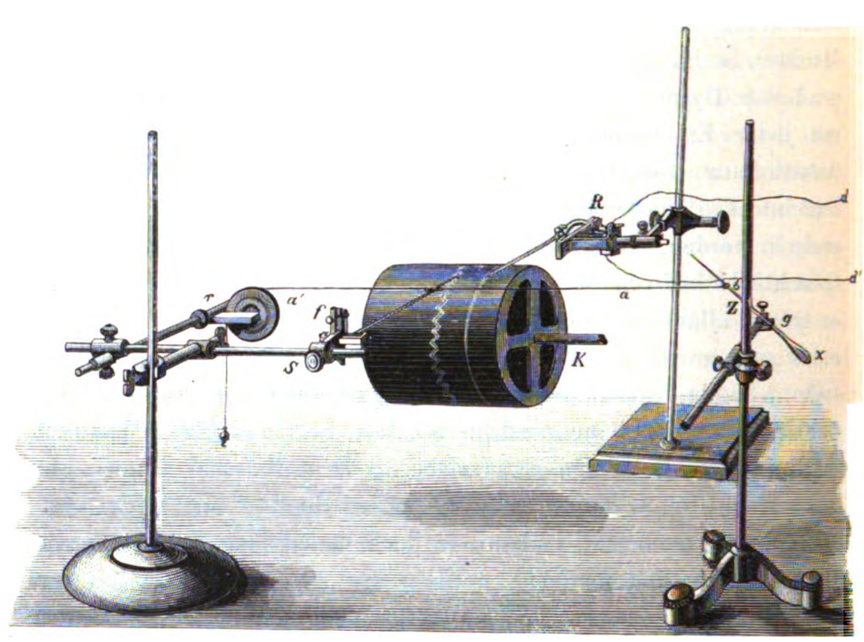


Fig. 1.
Zwerchfellhebel, Schreibhebel, Zeitschreiber und Kymographioncylinder in ungefährer Lage der Versuchsanordnung. Z Zwerchfellhebel, x spatelförmiges Ende desselben, g Gabel, b verschiebbares Knöpfchen desselben, R Zeitschreiber, S Schreibhebel, f verstellbare Schraube desselben, K Kymographioncylinder, r Rolle, a, a' Seidenfäden, d, d' Leitungsdrähte zur Secundenuhr und Batterie.

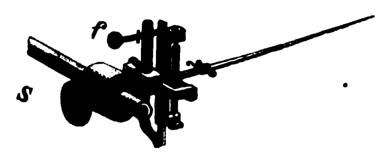


Fig. 1a.
Genauere Construction des Schreibhebels S mit Einstellschraube f.

hierfür nur angelegentlich empfehlen kann, zumal nach vorsichtiger Anwendung desselben das Thier ungestört fortzuleben vermag. Beifolgende Zeichnung erläutert den kleinen Apparat und die Versuchsanordnung. (Fig. 1.) Das spatelförmige Ende x des kleinen Doppelhebels Z lässt sich äusserst leicht und schonend durch eine

ganz kleine Oeffnung in den Bauchdecken und zwar am Besten rechts vom processus xiphoideus, in dem Winkel zwischen diesem und dem Ansatze der rechten letzten wahren Rippe am Sternum in die Bauchhöhle einführen, so dass, wenn die Operation mit Hautverschiebung gemacht wird, keine Luft mit eindringt. Der Spatel wird dann mit einer vorsichtigen hebelnden Bewegung über die Leber hinweg gegen das Zwerchfell geführt und legt sich dort dem letzteren mit seiner breiten Fläche an, durch die convexe Fläche der Leber vom Abspringen geschützt. An dem oberen Hebelarm ist ein verschiebbares Knöpfchen *b*, an dem ein Häkchen sitzt. Letzteres verbindet ein Seidenfaden *a* mit einem langen Schreibhebel *S*. Damit der Hebel (*S*) auf dem um eine horizontale Axe rotirenden berussten Cylinder (*k*) mit gut regulirbarer Reibung schreibe, ist er am Drehpunkt in einem Charniergelenk mittels einer Schraube (*f*) verstellbar. Um den Zwerchfellhebel in seine frühere Lage zurückzuziehen, nachdem die Contraction des Diaphragma nachgelassen hat, ist andererseits mit dem Schreibhebel ein kleines Gewicht verbunden, welches an einem über eine vertical gestellte Rolle (*r*) geführten Seidenfaden *a'* hängt. — Die kleine Gabel *g*, welche die Drehaxe des Zwerchfellhebels hält und welche dicht über die Bauchdecken zu liegen kommt, wird an die Querstange eines Stativs angeschraubt, welches neben dem Kaninchenhalter steht; es hat sich dies praktischer erwiesen, als die Gabel am Thiere selbst, z. B. am process. xiphoideus anzunähen, da am letzteren kleine Verschiebungen unvermeidlich sind. Die Länge des von mir benutzten Zwerchfellhebels beträgt 12,5^{cm}; sein Drehpunkt liegt 9^{cm} von seiner Spitze. Der untere (spatelförmige) Hebelarm ist 3,5^{cm} lang und reicht bei Kaninchen gerade bis an die Mitte des Diaphragma. — Der Spatel am Ende des Hebels ist 1,8^{cm} lang, am grössten Querdurchmesser 0,6^{cm} breit. Wenn der Apparat gut eingestellt ist, so müssen die beiden Seidenfäden *a*, *a'* zu beiden Seiten des Schreibhebels eine horizontale Linie bilden, während die kleine Glasfeder auf der wagerecht gestellten Trommel des Baltzar'schen Kymographion die Athemcurven aufschreibt. Tritt nun während der Inspiration das Zwerchfell nach unten, so wird der obere Arm des Doppelhebels nach rückwärts gegen den Thorax des Thieres bewegt, der Schreibhebel folgt

in gleichem Sinne. Demzufolge erscheinen die auf dem abgewickelten Cylindermantel gezeichneten Athmungscurven der Art, dass in den vorliegenden facsimilirten Figuren die Inspirationsbewegung nach oben gerichtet ist, die Exspirationsbewegung nach unten. Zur Beurtheilung der Methode lasse ich hier einige Curven folgen: Fig. 2 zeigt die Zwerchfellathmungen eines eben aufgebundenen kräftigen und ziemlich unruhigen Kaninchens, und zwar: a) bei

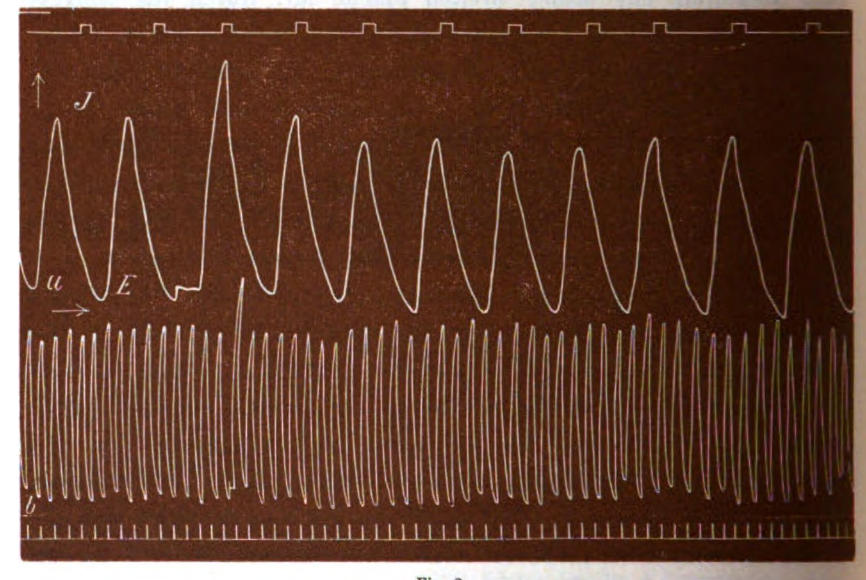


Fig. 2.
Normale Zwerchfellathmungen eines Kaninchens. *a* bei langsamem Gange der Trommel, *b* bei schnellem Gange der Trommel. (Die Curven laufen alle von links nach rechts, die Inspirationen bei Zwerchfellathmung von unten nach oben.) *J* Inspiration, *E* Exspiration.

schnellem und b) bei langsamem Gange der Trommel. Wo nichts Besonderes bemerkt ist, sind die Curven von links nach rechts zu lesen; wenn keine Secundenmarken angegeben sind, ist die Geschwindigkeit des rotirenden Cylindermantels so wie bei dem auf Fig. 2 notirten schnellen Gange der Trommel. — Fig. 3 zeigt die Zwerchfellathmungen eines Kaninchens nach Tracheotomie und Einlegen der Gad'schen Trachealcanüle und zwar a) bei Nasenstellung, b) bei Trachealstellung der Canüle, c) wenn beide Wege offen. Aus den letzten Curven ersieht man, dass bei Nasenstellung der Canüle die Frequenz der Respiration am kleinsten, die Höhe

der einzelnen Athmung dagegen am grössten ist. Die Anzahl der Respirationen in einer Minute betrug 72, die Dauer eines Athemzuges 0,81″. Die Höhe einer Respirationscurve variirte von 2,7 bis 3,1 cm. Standen beide Wege offen, so war die Respiration am

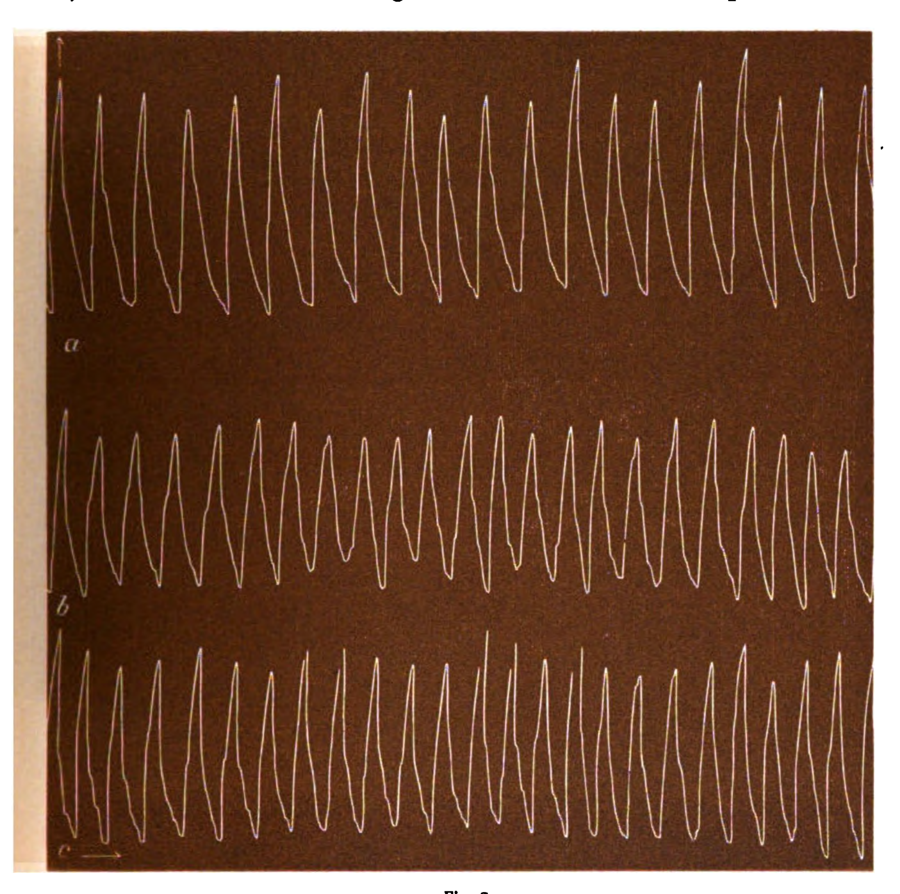


Fig. 3.
Zwerchfellathmung eines Kaninchens, in dessen Trachea eine Gad'sche T-Canüle gebunden ist.
a Nasenathmung, *b* Trachealathmung, *c* wenn beide Wege frei.

schnellsten: 90 in einer Minute, Dauer eines Athemzuges 0,75″, Höhe der einzelnen Athmung 2,1 bis 2,8. Bei Trachealöffnung der Canüle war die Anzahl der Athemzüge 85 in einer Minute, Dauer eines Athemzuges 0,75″, Höhe der einzelnen Athmung 1,6 bis 2,5, im Ganzen also den Verhältnissen nahe, welche bei Offenstehen beider Wege statthatten. Dies zeigte, dass das Kaninchen durch die Tracheaöffnung sein

Athembedürfniss vollständig befriedigte, was für die späteren Versuche zu wissen von Belang war. Nachdem der N. phrenicus beiderseits präparirt, auf Fäden gelegt und das Thier längere Zeit aufgebunden war, betrug bei Nasenstellung der Canüle die Anzahl der Athmungen 54 in einer Minute, die Dauer eines Athemzuges 1,06″, Höhe der einzelnen Athmung 4,4 bis 5,1 ^{cm} (Erregungszustand der Phrenici). Bei Offenstehen beider Wege 61 in einer Minute, Dauer eines Athemzuges 0,75 bis 0,8″, Höhe 3,8 bis 4,8 ^{cm}. Bei Trachealstellung: 60 in einer Minute, Athemzug 0,81″, Höhe 4,0 bis 5 ^{cm}. — Die Athmung ist somit gegen vorhin sehr verlangsamt und vertieft. Wird nun ein Phrenicus durchschnitten, so steht, wie bereits erwähnt, das Diaphragma auf der entsprechenden Seite still, auf der anderen athmet es ungestört weiter, kaum frequenter und ohne Thoraxbetheiligung. Nach Durchtrennung des zweiten Phrenicus dagegen ändert sich das Bild wie mit einem Zauberschlage. (Fig. 4.) Das Zwerchfell bleibt einige Sekunden unter oscillirenden Bewegungen in vollkommen erschlaffter Stellung; dann treten heftige allgemeine Muskelbewegungen ein, bei welchen das Thier sich stark schüttelt, worauf das Zwerchfell passiv den jetzt beginnenden Bewegungen des Thorax folgt, d. h. es wird bei der Inspiration in den Thorax angesaugt, bei der Exspiration nach unten gedrückt. Der obere Arm des Zwerchfellhebels bewegt sich demgemäss bei der Einathmung nach vorwärts (dem Bauche des Thieres zu), bei der Exspiration nach rückwärts, ebenso notirt jetzt der Schreibhebel die Inspirationen in entgegengesetzter Richtung wie zuvor, sie haben also auf Fig. 4 *c* und *d* die Richtung von oben nach unten, die Exspirationen von unten nach oben. Zugleich verlangsamt sich die Athmung bedeutend, manches Mal um die Hälfte und mehr, während die Dauer des einzelnen Athemzuges bisweilen um das Doppelte steigt. So sank die Athmung z. B. von 85 auf 42 in einer Minute; die Dauer eines Athemzuges stieg dabei von 0,75 auf 1,5″; in einem anderen Falle verminderte sich die Zahl der Athmungen von 56 auf 20, während die Dauer eines Athemzuges von 1,1″ bis auf 3″ wuchs; in einem dritten war vor Phrenicus-Durchtrennung die Frequenz der Athmung 62 in einer Minute, nach derselben 42 in einer Minute. Die Dauer eines Athemzuges mehrte sich von 1″

auf 1,8″. Fig. 4 gibt das typische Bild der Athmung nach einer doppelseitigen Phrenicus-Durchtrennung; die vier übereinander ge-

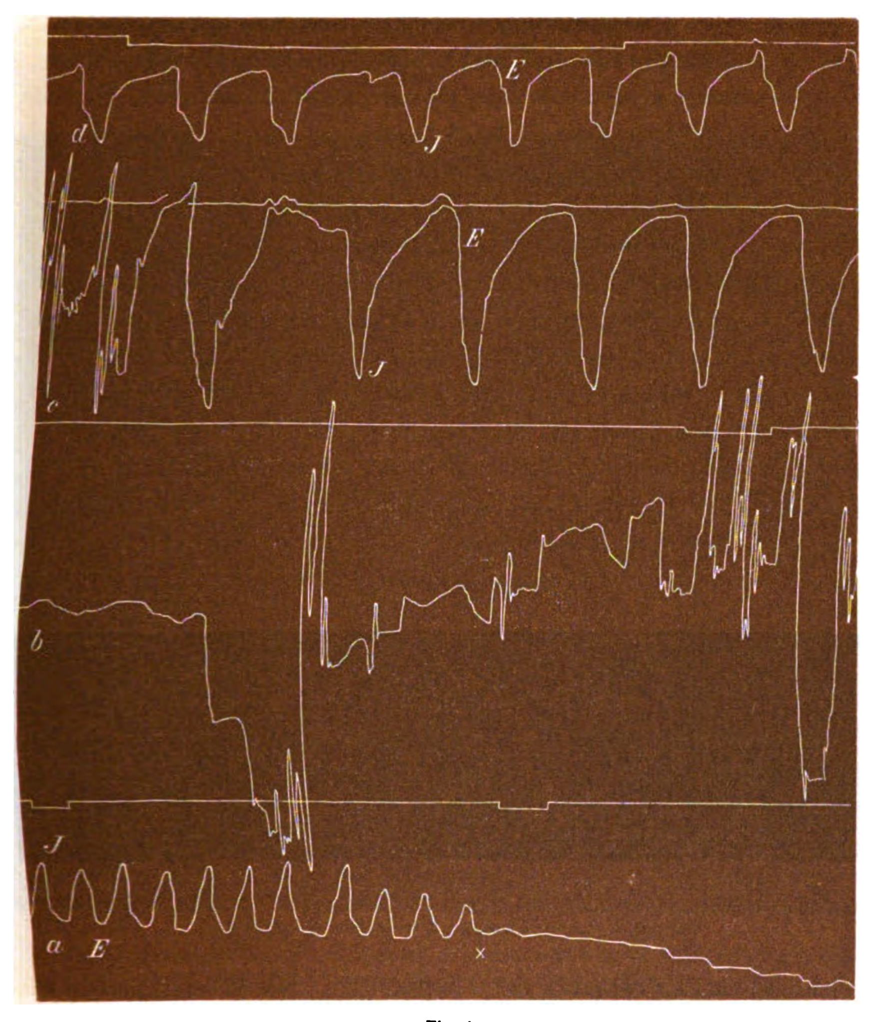


Fig. 4.
(Von unten nach oben zu lesen.) Athmung eines Kaninchens vor (*a*), während und nach Durchtrennung beider Phrenici. *a* normale Athmung, bei *x* Durchtrennung beider Phrenici. *b* unregelmässige Athmung nach Durchtrennung der Phrenici. *c* und *d* thoracale Athmung, bei *c* stark dyspnoisch, bei *d* etwas ruhiger (auf *c* und *d* laufen die Thoraxinspirationen von oben nach unten, indem das Zwerchfell bei der Inspiration in den Thorax angesogen wird.) *J* Inspiration, *E* Exspiration.

zeichneten Stücke bilden eine zusammengehörige Reihe; man erkennt auf Stück *a* das Stillstehen des Zwerchfells, auf Stück *b* die unregelmässigen Bewegungen der Bauch- und Brustmuskulatur, auf

c und *d* die rein thoracale Athmung. — Da die Phrenici, wie schon Panizza gefunden, sensible Fasern enthalten, so äussern die Thiere bei Durchtrennung derselben Schmerzempfindung, und sind die starke Unruhe und die heftigen Bewegungen des ganzen Körpers nach der Durchtrennung wohl meist durch jene Eigenschaft verursacht, so dass es häufig nicht gelingt, die ersten Respirationen nach der Durchschneidung oder Unterbindung der Phrenici zu fixiren. Um diese Anfangserregung zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Nervenleitung durch plötzliche Abkühlung nach Gad's Verfahren zu unterbrechen. Ich habe hierzu zwei kleine, möglichst feine gebogene Silberröhrchen unter die Phrenici gelegt und durch dieselben eine Kältemischung von — 5° C. fliessen lassen. Die sensiblen Fasern werden hierbei so schnell gelähmt, dass das Thier ruhig bleibt, und man kann jetzt den Beginn der Ausschaltung der motorischen Phrenici genau aufzeichnen. Der Effect auf das Zwerchfell ist derselbe wie nach Durchtrennung, mit dem Unterschiede, dass der Stillstand des Zwerchfells nicht so plötzlich eintritt, sondern unter immer kleiner werdenden Contractionen. Fig. 5 stellt eine

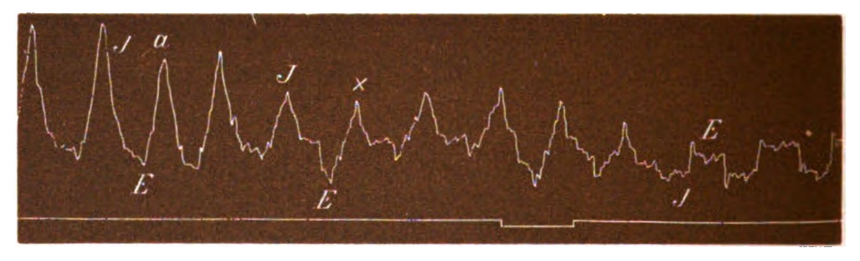


Fig. 5.
Abkühlung der Phrenici nach Gad. Bei *a* Beginn der Abkühlung, bei *x* Uebergang der Zwerchfellathmung in die Brustathmung. *J* Inspiration, *E* Exspiration.

solche Abkühlungswirkung der Phrenici dar, bei welcher man den langsamen Uebergang von der diaphragmalen zur thoracalen Athmung sieht. Wir haben immer beobachtet, dass wenn bei Kaninchen die unter normalen Verhältnissen latente Brustathmung nach Durchtrennung der Phrenici eintritt, die Athmung viel langsamer, tiefer und zugleich dyspnoisch wird, die Brustathmung daher die Bauchathmung nur unvollkommen zu ersetzen im Stande ist. Diese dyspnoische thoracale Athmung sieht man noch Wochen nach der

Operation; etwas vollkommener wird der Ersatz, wenn man eine Trachealfistel anlegt, welche den Widerstand des Inspirationsstromes mindert. Fig. 6 zeigt die Brustathmung eines Kaninchens, bei welchem mehrere Tage vorher die Phrenici durchtrennt waren; bei *a* athmet das Thier durch die Nase; bei *b* durch die Trachealcanüle.

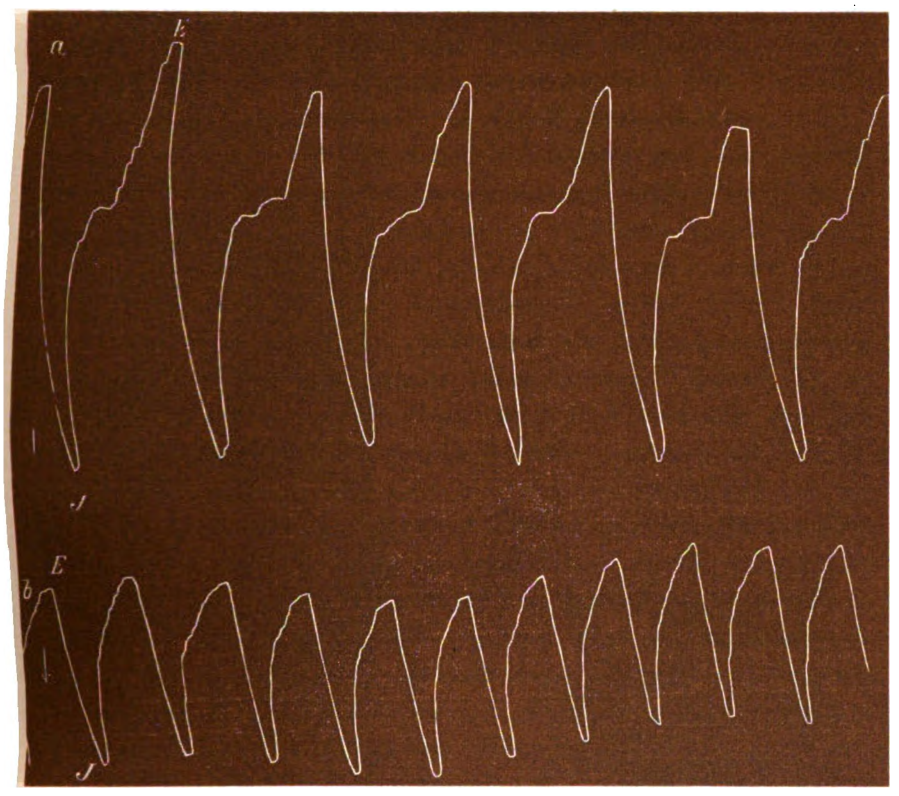


Fig. 6.
Thoracale Athmung eines Kaninchens mehrere Tage nach doppelseitiger Phrenicusdurchtrennung. *a* Athmung durch die Nase, *b* Athmung durch eine Trachealcanüle.

Bei jungen Kaninchen ist jedoch der Thorax sehr weich und zusammendrückbar und seine Muskulatur scheint unzureichend für die grosse Arbeit, welche erforderlich ist, um den durch das erschlaffte aufgesogene Zwerchfell verkleinerten Brustraum genügend zu erweitern. Hierin liegt wahrscheinlich der Grund, dass junge Thiere nach Phrenicus-Durchtrennung so schnell sterben. Um zu beweisen, dass diese Athemnoth durch Luftmangel erzeugt wird,

braucht man nur das Luftvolumen zu messen, welches Kaninchen in gegebener Zeit vor und nach Phrenicus-Ausschaltung einathmen. Ich liess deshalb die Thiere, in ähnlicher Weise wie dies Rosenthal für andere Zwecke gethan, aus einem Spirometer die Luft einathmen und frei in die Atmosphäre ausathmen. Durch eine einfache elektrische Vorrichtung wurde das entnommene Luftquantum auf der Kymographion-Trommel unter den Athmungen des Thieres aufnotirt. Die Anordnung war folgende (Fig. 7): Der unpaare Schenkel eines gläsernen T-Rohres (t) wurde durch einen Gummischlauch mit dem Lufthahne (h) des Hutchinson'schen Spirometer (s) verbunden. In diesen Gummischlauch wurde ein Voit'sches (birnenförmiges) Ventil (v) eingeschaltet, welches mit Wasser gesperrt wurde. Dasselbe wurde in die Stellung gebracht, welche durch Fig. 7 (bei v) illustrirt wird. Der Wasserspiegel ist so gestellt, dass die Luft auf ihrem Wege vom Spirometer zum Thiere nur sehr kleinen Widerstand findet. In entgegengesetzter (Exspiration) Richtung strömende Luft sperrt durch Heben der Wassersäule das Ventil. Der paarige (quere) Schenkel des T-Rohres stand einerseits mit der Trachealöffnung der Gad'schen Canüle in luftdichter Verbindung, während vom anderen Ende das Exspirationsventil (e) getragen ward. Dieses Ventil besteht aus einem Stückchen befeuchteter Goldschlägerhaut, welches dem etwas gewulsteten Rande des kurzen Ausathmungsrohres leicht aufliegt. Bei der Inspiration des Thieres drängt der Atmosphärendruck diese Membran in die Glasröhre und verhindert den Lufteintritt, so dass das Thier seine Einathmungsluft nur durch das Inspirationsventil aus dem Spirometer entnehmen konnte. Durch den Exspirationsdruck dagegen wird die Goldschlägerhaut gehoben und lässt die Luft entweichen, während das Inspirationsrohr durch das Wasserventil gesperrt ist. Um die aus dem Spirometer entnommenen Luftvolumina elektromagnetisch zu registriren, wird die Einrichtung getroffen, dass der am sinkenden Luftcylinder (l) befestigte Zeiger (z) jedesmal einen kurzen Stromschluss herstellte, wenn 200 ccm Luft aus dem Spirometer verdrängt waren. Dies war durch folgende einfache Vorrichtung bewerkstelligt: Die Hartgummiscala des Spirometers trägt Messingmarken in Entfernungen, welche je 200 ccm Luft entsprechen. Diese Messingmarken waren

durchgeschlagen und an der Hinterseite der Scala durch einen Draht mit einander verbunden. Der Metallzeiger des Luftcylinders,

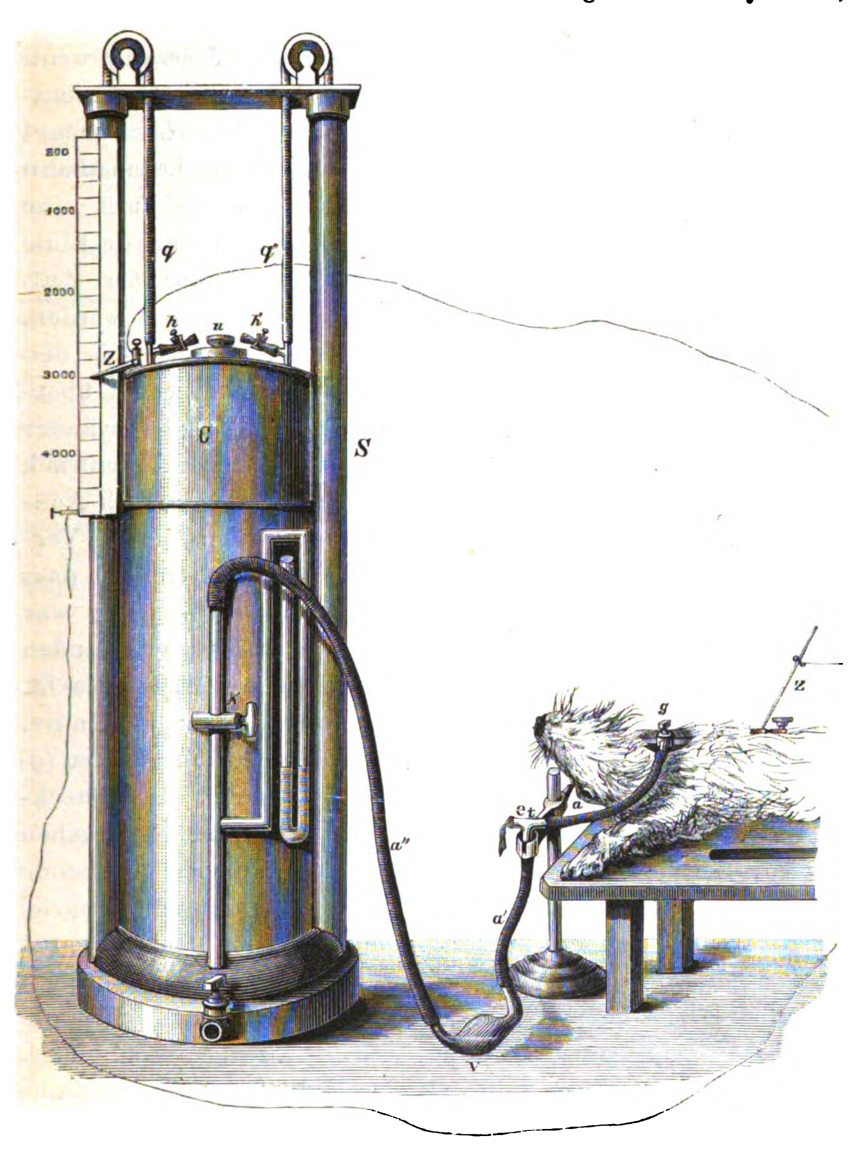


Fig. 7.
Spirometerathmung des Kaninchens. *S* Spirometer, *C* Luftcylinder, *K* Lufthahn desselben, *q*, *q'* mit Quecksilber gefüllte Gummiröhren, *h*, *h'* Hähne zum Füllen derselben, *z* Messingzeiger des Luftcylinders, *v* Pettenkofer'sches Inspirationsventil, *e* Exspirationsventil (Goldschlägerhäutchen), *t* gläserne T-Canüle, *g* Gad'sche Canüle, *a*, *a'*, *a''* Gummischläuche, *z* Zwerchfellhebel.

welcher beim Sinken des letzteren auf der Hartgummiscala entlang gleitet, ist mit dem einen Pol eines Daniell'schen Elementes verbunden, während die Leitung vom anderen Pole durch einen elektromagnetischen Markirer zur Spirometerscala läuft. Jedesmal, wenn der mit dem Spirometercylinder herabgleitende Zeiger eine Messingmarke berührt, wird der Strom geschlossen und der Schreibmagnet notirt, dass 200 ccm Luft entnommen sind. In die Leitungsbahn der Spirometerscala und des Schreibmagnetes wurde auch eine Secundenuhr eingeschaltet und gewann man so in einer Linie über der Athmungscurve die Daten zur Bestimmung der Zeit, während welcher je 200 ccm Luft vom Kaninchen geathmet worden. Um zu verhindern, dass beim Hinabsinken des Luftcylinders in den Wassercylinder die Widerstände wuchsen, die das Thier zu überwinden hatte, um sich Luft zu holen, wurde erstens der Luftcylinder mit Gewichten so beschwert, dass ein ganz minimaler Ueberdruck genügte, den Cylinder zum Sinken zu bringen, zweitens nach Analogie eines von Mosso für seine ersten plethysmographischen Versuche angewendeten Verfahrens eine Einrichtung getroffen, dass die Belastung des Cylinders mit dem Sinken wuchs. Dies war nötig, weil ja das auf die Luft drückende Gewicht des schwimmenden Cylinders desto geringer wird, je tiefer er in das Wasser taucht. Die Belastung wurde derart anwachsend gewonnen, dass die Schnüre, welche über Rollen geführt den Cylinder halten, mit Gummiröhren (*g*) umgeben wurden, die mit Quecksilber gefüllt waren. Den Quecksilbersäulen konnte leicht der erforderliche Durchmesser gegeben werden, dass ihre mit dem Herabsinken des Cylinders wachsende Länge das Gewicht des schwimmenden Cylinders um ebensosoviel mehrte, wie das erhöhte Wasserniveau es minderte. Diese Anordnung erfüllte, wie ich gleich in Zahlen beweisen werde, in gewünschter Weise ihren Zweck, so dass, als dem Thiere durch die Gad'sche Canüle gestattet wurde, sich gleichzeitig sowohl durch die Nase aus der freien Luft, als durch die Trachealöffnung aus dem Spirometer die Luft zu entnehmen, das Thier letzteren Weg vorzog und mehr Luft dem Spirometer entnahm, als der freien Luft. Zur grösseren Sicherheit trug ich ausserdem dafür Sorge, dass der Versuch unterbrochen wurde, wenn der Luftcylinder über

die Hälfte entleert war und begann ihn wieder bei gefülltem Cylinder. So habe ich eine ganze Reihe von Versuchen ausgeführt, deren Resultate in beifolgenden Tabellen übersichtlich dargestellt sind. Die ersten beiden Tabellen dienen nur als Beispiel, um zu zeigen, dass die Athmung aus dem Spirometer keine besonderen Hindernisse schafft. Tabelle I ist von demselben Kaninchen gewonnen, dessen Athemcurven auf Fig. 3 verzeichnet sind.

Tabelle I.

	Athmung mit Gad'scher Canüle aus freier Luft.			Athmung mit Gad'scher Canüle aus dem Spirometer.	
	Nasenstellung	Trachealstellung	Beide Wege frei	Aus Spirometer allein	Aus Spirometer und freier Luft
Anzahl der Respirationen in 1 Min.	72	85	90	76	90
Dauer eines Athemzuges	0,81"	0,75"	0,75"	0,75—0,81"	0,68"
Höhe einer Athembewegung	2,5—3,5 cm	1,7—2,5 cm	1,8—2,7 cm	3,1—4,1 cm	3,1—4,1 cm
Luftquantum in 1 Minute	—	—	—	906 ccm	766 ccm (dem Spirometer entnommen)
Luftquantum bei jeder Respiration	—	—	—	12 ccm	8,5 ccm (dem Spirometer entnommen)

Tabelle II.

	Athmung mit Gad'scher Canüle aus freier Luft.			Athmung mit Gad'scher Canüle aus dem Spirometer.	
	Nasenstellung	Trachealstellung	Beide Wege frei	Aus Spirometer allein	Aus Spirometer und freier Luft
Anzahl der Respirationen in 1 Min.	51	56	48	52	52
Dauer eines Athemzuges	1,1"	1,1"	1,1"	1"	1,1"
Höhe einer Athembewegung	3,2—4,0 cm	2,1—2,7 cm	3,0—3,4 cm	2,3 cm	2,8—3,1 cm
Luftquantum in 1 Minute	—	—	—	614 ccm	325 ccm (dem Spirometer entnommen)
Luftquantum bei jeder Respiration	—	—	—	11,8 ccm	6,25 ccm (dem Spirometer entnommen)

Tabelle III lässt erkennen, wieviel Luft Kaninchen in verschiedenen Lebensaltern vor und nach Phrenicus-Durchtrennung in gegebener Zeit einathmen. Man sieht deutlich, dass während alte Kaninchen nach Phrenicus-Ausschaltung noch die Hälfte bis $^8/_9$ ihres normalen Luftverbrauches erreichen können, bei jungen Thieren sich das Verhältniss so stellt, dass sie nur den vierten bis sechsten Theil in der Minute athmen, ihr Athembedürfniss somit so ungenügend befriedigen können, dass sie schnell zu Grunde gehen.

Tabelle III.

	Spirometerathmung vor Phrenicus-Durchtrennung.			Spirometerathmung nach Phrenicus-Durchtrennung.					
Fälle	Anzahl der Respirat. in 1 Min.	Luftquantum in 1 Min.	Luftquantum bei jeder Respiration	Anzahl der Respirat. in 1 Min.		Luftquantum in 1 Min.		Luftquantum bei jeder Respiration	
				unmittelbar	später	unmittelbar	später	unmittelbar	später
		ccm	ccm			ccm	ccm	ccm	ccm
Aelteres Kaninchen	76	906	12,0	42	60	220	425	5,2	7,0
Altes Kaninchen	60	546	9,1	41	51	360	429	8,7	8,2
Altes Kaninchen	57	747	13,1	47	51	370	459	7,9	9,0
Sehr altes Kaninchen	79	966	12,2	67	72	728	847	10,9	11,8
Altes Kaninchen	49	533	10,9	45	—	344	—	7,7	—
Junges Kaninchen	56	614	11,8	20	23	150 ccm		6,5 ccm	
Sehr junges Kaninchen	72	854	11,8	30	—	130 ccm		4,4 ccm	

Wenn man statt der Durchtrennung der Phrenici die Ausschaltung derselben durch Kälte bewirkt hat, so kann man, falls der Kältegrad nicht — 2 ° C. überschritten, durch Wiedererwärmen der Phrenici (Durchleiten von Wasser von 37° C. durch die silbernen Röhrchen) die Nerven bald wieder functionsfähig machen, und derart bei demselben Thiere die Wirkung der Phrenicus-Ausschaltung auf die Athmung mehrere Male hintereinander wiederholen. Bei — 5 ° C. werden die Nerven für immer abgetödtet. Tabelle IV giebt ein

Beispiel eines älteren Kaninchens, bei dem die wiederholte Abkühlung und Erwärmung der Phrenici stattgefunden hat.

Tabelle IV.

Aelteres Kaninchen.

Spirometerathmung nach Erwärmung der Phrenici.				Spirometerathmung nach Abkühlung der Phrenici.			
Status	Anzahl der Respirat. in 1 Min.	Luftquantum in 1 Min.	Luftquantum bei jeder Respiration	Status	Anzahl der Respirat. in 1 Min.	Luftquantum in 1 Min.	Luftquantum bei jeder Respiration
		ccm	ccm			ccm	ccm
Vor Abkühlung	49	533,0	10,9	Nach Abkühlung	45	344,8	7,7
Nach Erwärmung	49	590,4	12,2	Nach Abkühlung	43	362,0	8,4
Nach Erwärmung	49	571,8	12,4	Nach Abkühlung	42	358,0	8,5

Darauf folgende Durchtrennung der Phrenici änderte nichts an dem Resultate.

Aus den Versuchen über Phrenicus-Durchtrennung hatte sich, wie schon erwähnt, weiter ergeben, dass die Dauer einer Athmungsphase zunimmt, wenn der abdominale Typus in den thoracalen übergeht. Während dieselbe vor Phrenicus-Durchschneidung zwischen 0,75″ und 1,5″ variirte, wuchs sie nach Durchtrennung bis auf zwei, zuweilen drei Secunden.

Mit Rücksicht auf die noch vielfach geltend gemachten Zweifel an der Discontinuität des willkürlichen und des reflectorischen Tetanus erschien es wünschenswerth zu entscheiden, ob die einfache Athembewegung des Zwerchfells als eine Zuckung oder als ein kurzer Tetanus aufzufassen ist. Es wurde die Synthese und die Analyse des Vorganges versucht. Zum ersteren Zwecke wurden die beiden Phrenici durch einzelne Inductionsschläge erregt. Hierbei zeigte es sich, dass die Zuckungsdauer sich nicht wesentlich änderte, gleichviel ob Schliessungs- oder Oeffnungs-Inductionsschläge, ob durch schnelleres Nähern und Entfernen der secundären an die primäre Rolle erzeugte Inductionsströme, ob Ein- und Ausschalten eines Widerstandes im Kreise eines constanten Stromes als Reizmittel

dienten. Sie betrug am unermüdeten Präparate von 0,125″ bis 0,3″, beim ermüdeten bis 0,5″ also ½ bis ⅛ einer normalen Athmung. Fig. 8 zeigt solche Einzelzuckungen des Zwerchfells. Die latente

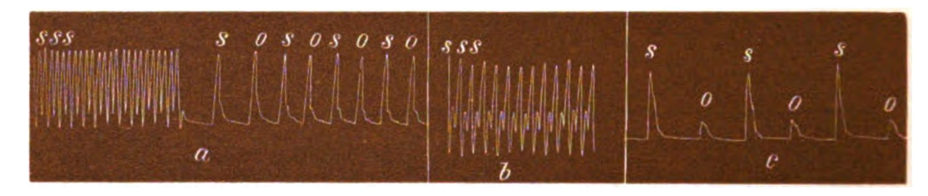


Fig. 8.
Einzelzuckungen des Zwerchfells. *s* Schliessungs-, *o* Oeffnungs-Inductionsschlag, *a* maximale, *b* und *c* untermaximale.

Reizung dauerte am unermüdeten Muskel: 0,035″. Fig. 9 zeigt den Verlauf einer einfachen Zuckung des Diaphragma bei schnellstem Gange der Trommel. Wenn während dieser Einzelerregungen die Brustathmung fortdauerte, so setzten sich die Zuckungscurven als spitze Zacken auf die Athmungscurve. Tetanisirende Reize mässiger Intensität überwanden die natürliche Athmung. Wir ver-

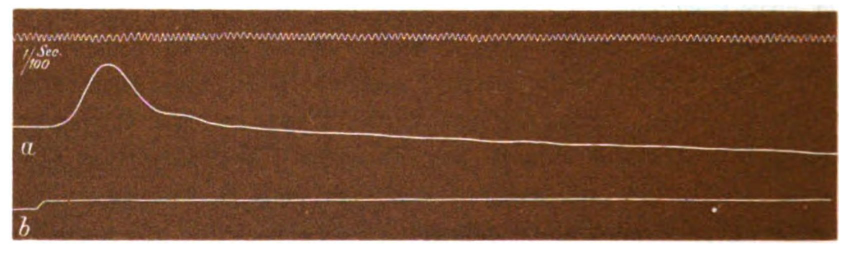


Fig. 9.
Einfacher Zuckungsverlauf des Zwerchfells. *a* Verlauf der Zwerchfellcontraction, *b* Reizmarkirungslinie.

suchten dann durch rhythmische Tetanisirung der peripheren Enden der beiden Phrenici einen dem natürlichen analogen Athemmodus herbeizuführen, somit die Reizfrequenz zu finden, welche nothwendig ist, um den normalen ähnliche Athemcurven zu erzeugen. Zur intermittirenden Stromunterbrechung war mit dem du Bois-Reymond'schen Schlitten, nach Ausschaltung des Wagner'schen Hammers, Kronecker's magnetelektrischer Vibrationsapparat mit Spülcontact verbunden. Reizte man derart die peripheren Phrenicusenden in $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$″ Intervall, so zeichnete der Zwerchfellhebel noch ganz deutliche Zähnelung auf den Inspirationsgipfeln

der Athemphase, erst als etwa 20 Reize in der Secunde durch die Phrenici gesandt wurden, wurden die Zähnelungen unmerklich (Fig. 10) und man erhielt, wenn man in rhythmischen Pausen von einer Secunde 1/5 bis 1/3″ lang reizte, den normalen ganz ähnliche Athemcurven. Zu letzterem Zwecke diente eine Baltzar'sche Reizuhr, welche als Nebenschliessung in den Kreis der secundären Spirale eines Inductionsapparates eingeschaltet und so eingestellt war, dass jede Secunde für 1/5″ oder 1/3″ lang der Contact geschlossen blieb, für den Rest der Secunde also geöffnet wurde.

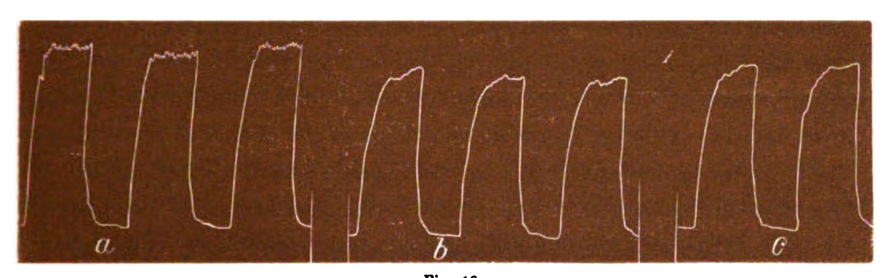


Fig. 10.
Künstliche elektrische Zwerchfellathmung durch rhythmische Reizung der peripheren Phrenici mit intermittirenden Reizen, nach Abtrennung der Medulla unterhalb des Athemcentrum. *a* Reizung mit 1/18″ Intervall, *b* 1/20″ Intervall, *c* 1/22″ Intervall. Rollenabstand 20 mm 1 Dan.

Trennte man dann die Medulla oblongata unterhalb des Athemcentrums durch, so dass jede selbständige Athmung sistirte, so konnte man durch directe elektrische Reizung der Phrenici eine künstliche Respiration erzeugen, welche beliebig lange (ich unterhielt sie bis eine halbe Stunde lang) das Thier vor Asphyxie schützte. Hiermit erhob sich die für die Kenntniss der Reizübertragung im Centralnervensysteme fundamentale Frage: Wieviel und welcher Art Reize sind nothwendig, um das Athemcentrum zur Entladung für eine Respiration zu veranlassen? eine Frage, auf welche wir später zurückkommen werden.

II. Rückenmarksbahnen der Athmung. Spinale Athemcentren.

Es sind kaum dreissig Jahre her, dass man begonnen hat über den mikroskopischen Bau und die physiologischen Functionen des Rückenmarks einige gesicherte Vorstellungen zu erlangen. Noch im Jahre 1842 glaubte Budge auf Grund von Experimenten sich zu dem Schlusse berechtigt, dass die Nn. phrenici durch das Rücken-

mark hinaufstiegen „und in der Medulla oblongata neben den übrigen Nerven für die unwillkürlich bewegten Theile des Körpers endeten“ und dort direct gereizt werden könnten. Er hatte auch beobachtet, dass bei Reizung der corpora striata, der Thalami optici, sowie der corpora quadrigemina mit einer in Säure gesteckten Stecknadel unmittelbar nach dem Tode des Thieres, nachdem alle selbständigen Zwerchfellbewegungen erloschen waren, nach wenigen Secunden starke Zusammenziehungen des Zwerchfells und der unteren Intercostalmuskeln eintraten und gefunden, als er diese Versuche an lebenden Kaninchen und Katzen wiederholte, dass die Athmung beschleunigt wurde und z. B. bei Kaninchen von 64 auf 89 in der Minute stieg, während höher gelegene Theile des Gehirns eine solche Abhängigkeit nicht erkennen liessen. Schon lange vor Budge hatten Haller und später Flourens (1824) eine directe Reizung der Medulla cervicalis nach Abtrennung oberhalb des Ursprungs der Nn. phrenici unternommen, jedoch nur scheinbare Athembewegungen erhalten. Als Budge dann im Jahre 1855 seine Versuche erneute, zu einer Zeit als man bereits wusste, dass die motorischen Nervenwurzeln in derselben Höhe, in welcher sie aus den Vorderhörnern entspringen, auch das Rückenmark verlassen, gelang es ihm nicht mehr durch elektrische Reizung der Med. obl. nach dem Tode des Thieres, Erfolge auf die Athmung zu erzielen, er musste mit den Elektroden bis zu der Höhe des Austritts der Wurzeln des dritten und vierten Cervicalnerven aus dem Rückenmarke hinabgehen, „um für eine gewisse Zeit eine Bewegung des Zwerchfells zu erhalten, welche der von gesunder Athembewegung ähnlich gewesen sei“. Budge schloss jetzt, dass die Nn. phrenici die Med. oblongata nicht erreichten, sondern, dass reizende Fasern von letzterer hinabstiegen zur Med. spinalis und dass diese Fasern galvanisch nicht erregt werden könnten. („Nec irritationis galvanicae capaces esse.“) Seitdem sind die directen Erregungen der Med. spinalis häufig zum Gegenstande der Untersuchung geworden, und wenn auch heute allgemein anerkannt wird, dass man durch Reizung der sensiblen Bahnen des Rückenmarks auf dem Wege des Reflexes motorische Effecte auslösen kann, so sind die Meinungen über die directe Erregbarkeit der sog. motorischen Rückenmarks-

bahnen noch immer getheilt. Während Fick und Engelcken, später Fick allein, Birge, dann Luchsinger und besonders Biedermann und in jüngster Zeit Mendelssohn durch ihre Versuche zu der Annahme der directen Erregbarkeit der motorischen Rückenmarkbahnen geführt wurden, tritt heute noch Schiff den van Deen'schen Schlussfolgerungen voll bei, dass die bewegungsleitenden Elemente des Rückenmarks bei Säugethieren nicht durch Reizmittel erregbar, sondern „kinesodisch“ sind, dass, wo Bewegung einträte, dieselbe durch sensible Erregungen auf dem Wege des Reflexes vermittelt worden sei. Welche aber auch die Deutung der Versuche Biedermann's sein mag, ihre Richtigkeit bestätigt auch Schiff durchaus. Für mich entstand daraus die wichtige Frage zu untersuchen, ob überhaupt und welcher Art die Erregungen der Med. spinalis sind, welche Bewegungen des Zwerchfells im Gefolge haben, nachdem die Med. oblongata vom Rückenmarke abgetrennt ist. Die Versuche Biedermann's bezogen sich nur auf die Hinterextremität des Frosches und führten zu folgenden bemerkenswerthen Resultaten. Der erste Erfolg der directen Reizung der Vorder- und theilweise Seitenstränge des Rückenmarks besteht in einer mehr oder weniger tetanischen Unruhe sämmtlicher Muskeln, die sich bei grösserer Annäherung der Rollen des Inductorium bisweilen zu einem vollständigen Tetanus steigert. Häufig treten auch coordinirte Bewegungen auf. Aehnliche Erfolge, wie durch elektrische Reize, kann man auch durch mechanische erhalten (langsame Durchschneidung, allmähliche Umschnürung des Rückenmarks). Narkose, Blutverlust, Asphyxie, sowie der chocähnliche Zustand, in welchen das Rückenmark höherer Wirbelthiere nach eingreifenden Verletzungen für längere Zeit geräth und in welchem erfahrungsgemäss die Reflexfunction ausserordentlich geschwächt erscheint, beeinträchtigen den Erfolg der directen Reizung. Einzelne Inductionsstösse wirken erst bei sehr grosser Intensität erregend, während eine rasche Folge von Oeffnungs- und Schliessungsschlägen oder auch rasch wiederholte Schliessung eines Kettenstromes bei einer verhältnissmässig geringen Intensität sich wirksam zeigt. Dies beweist, sagt Biedermann, „dass den gangliösen Elementen der grauen Substanz des Centralnervensystems in besonders hohem

Grade die Eigenthümlichkeit zukommt, an sich unwirksame Reize zu summiren, sei es nun, dass es sich hierbei um eine latente Fortdauer des Erregungszustandes selbst, oder nur um eine zurückbleibende Erregbarkeitserhöhung handelt". Die erregende Wirkung nimmt sowohl durch nicht in zu langen Pausen aufeinander folgende rhythmische Momentanreize (Inductionsschläge) allmählich bis zu einer gewissen Grenze zu, als auch entfalten unter gleichen Umständen an und für sich ganz unwirksame Reize nach und nach Reizwirkungen. Ferner zeigt sich nach Biedermann, dass nach Beendigung der Reizung dieselben vorher absolut unwirksamen (abterminalen Oeffnungs-) Ströme jetzt mächtige Zuckungen auslösen, welche Wirkung erst allmählich innerhalb eines Zeitraumes von mehreren Secunden wieder abklingt („Bahnung" von Exner) u. s. w. Es ergiebt sich also aus den Versuchen Biedermann's: 1. dass der erste Erfolg der elektrischen oder mechanischen Reizung der Vorderstränge des Rückenmarks eine tetanische Unruhe sämmtlicher Muskeln ist, welche bisweilen in einen wirklichen Tetanus übergeht; 2. dass dabei zuweilen coordinirte Bewegungen auftreten; 3) dass einzelne Inductionsschläge nur bei sehr grosser Intensität erregend wirken, dass die Erregung aber zunimmt, wenn dieselben in nicht zu langen Pausen aufeinander folgen, so dass dann selbst viel schwächere Schläge wirksam werden und 4. dass rhythmisch elektrische Reizung im Sinne der Summation der Reize wirkt. Diese Ergebnisse stehen in vollem Einklange mit den allgemeinen Gesetzen, welche Stirling aus seinen Versuchen über die Reflexfunction des Rückenmarks ableitete und die theilweise so lauten: „Verhältnissmässig starke Einzelreize der Haut summiren sich selbst noch im Intervall von 2 Secunden. Reize, welche schnell aufeinanderfolgen, lösen stets eine Reflexbewegung aus. Mit der Ermüdung wächst die Latenz; doch folgt auf unwirksame Reize häufig eine Vermehrung der Erregbarkeit. Die Summation kann nach einer schwachen Entladung fortfahren und stärkere Entladungen ermöglichen. Bei nicht sehr frequenten Reizen kann die Summationszeit in weiten Grenzen variirt werden, wenn man deren Häufigkeit und Stärke verändert. Frequenz und Intensität können derart einander ersetzen, dass selteneren stärkeren Reizen die gleiche Reflexzeit entspricht, wie

häufigeren schwächeren. Einzelne Inductionsschläge müssen sehr stark sein, um Reflexbewegungen in dem Beine zu bewirken, dessen Haut gereizt worden. Die Dauer der latenten Reizung wächst sehr schnell mit der Ermüdung und bald reagirt der Schenkel nicht mehr auf Einzelreize." In Erkenntniss der so übereinstimmenden Resultate Stirling's und Biedermann's hielt ich es für meine Zwecke nicht für nöthig, eine isolirte Reizung der vorderen oder hinteren Rückenmarksbahnen vorzunehmen, sondern es genügte mir, das Rückenmark im Ganzen direct zu reizen und den Erfolg dieser elektrischen Reizung auf das Zwerchfell zu prüfen. Ich habe bei Kaninchen und ausnahmsweise auch bei Kätzchen die Med. oblongata dicht unterhalb des Athemcentrums im vierten Ventrikel, oder etwas tiefer dicht unter der Spitze des Calamus scriptorius quer durchtrennt, so dass die Thiere nicht mehr selbständig athmeten. Sofort wurde die künstliche Athmung in der bereits in einer früheren Arbeit von mir geschilderten Weise mittels des Kronecker'schen Respirationsapparates eingeleitet, mit der Modification, dass die Luft erwärmt zum Thiere gelangte. Hierdurch konnten die Thiere vor zu starker und schneller Abkühlung geschützt, längere Zeit und unter normaleren Bedingungen erhalten werden, als wenn sie kalte Luft einathmeten. Die künstliche Respiration wurde so lange fortgesetzt, bis die Reizung des Rückenmarks begann, zuweilen wurde auch während der künstlichen Athmung die Reizung fortgesetzt. Als Elektroden dienten zwei feine Perlnadeln, welche durch einen Kork gesteckt und bis auf die Spitzen lackirt in die Substanz des Cervicalmarkes dicht unterhalb der Schnittfläche eingesenkt wurden. Wenn ich das Rückenmark mit einzelnen Oeffnungs- oder Schliessungs-Inductionsschlägen reizte, so sah ich bei schwachen und mittelstarken Strömen keinerlei Einwirkung auf das Zwerchfell. Erst wenn die secundäre Rolle fast ganz über die primäre geschoben war, trat mit allgemeiner Unruhe der Extremitäten bei jeder Oeffnung und Schliessung des Stromes eine Zwerchfellzuckung von bekannter Form auf, niemals eine Athembewegung des Zwerchfells. Die Oeffnungszuckung war meist höher als die Schliessungszuckung. Es war keinem Zweifel unterlegen, dass diese Erfolge durch Stromschleifen bedingt waren, welche sich bis zu den Wurzeln der Nn. phrenici erstreckten. In

einem Falle, in welchem die Medulla oblongata dicht unter dem Athmungscentrum abgetrennt war, so dass auch nach längerer künstlicher Respiration keine spontanen Athembewegungen sich einstellten, vermochten starke Inductionsschläge, wenn sie sogar im grossen Intervall von 4 Secunden aufeinander folgten, durch summirte Reizung Athem-

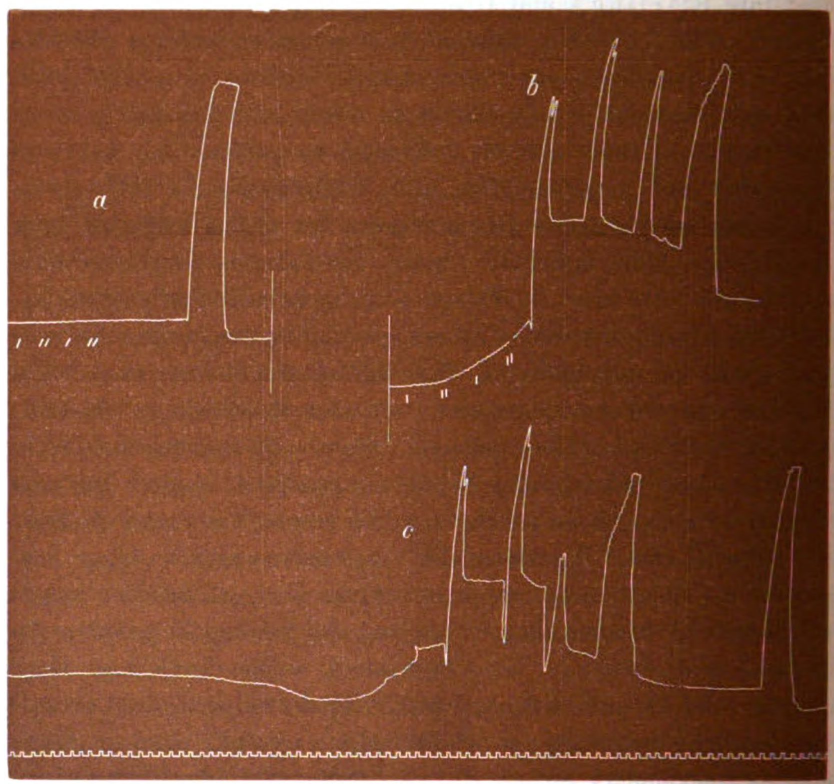


Fig. 11.
Athemkrämpfe nach Rückenmarksreizung mit starken Inductionsschlägen im Intervall von 3 bis 5 Secunden bei geköpften Thieren (unterhalb der Med. oblongata). *a* Athemkrampf von 4 Secunden Dauer nach 2 Schliessungs- (′) und 2 Oeffnungs-Inductionsschlägen (″) im Intervall von 3 Secunden, Rollenabstand 80 mm 2 Daniells. *b* Gruppe von kurzen Athemkrämpfen nach 4 Einzelschlägen im Intervall von 4 Secunden, Rollenabstand 8 mm 2 Daniells. *c* Krampfgruppe mit nachfolgendem Einzelkrampfe nach 7 Einzelschlägen im Intervall von 4 bis 5 Secunden, Rollenabstand 7 mm 2 Daniells.

krämpfe auszulösen. Hierbei traten recht merkwürdige Erscheinungen auf, welche einen Einblick in den Mechanismus der Athemauslösungen eröffnen und die auf Fig. 11 illustrirt sind. Man sieht 1. bei a einen Athemkrampf von 4 Secunden Dauer, welcher auftrat, nachdem vier Schliessungs- und Oeffnungs-Inductionsschläge im Intervall von etwa

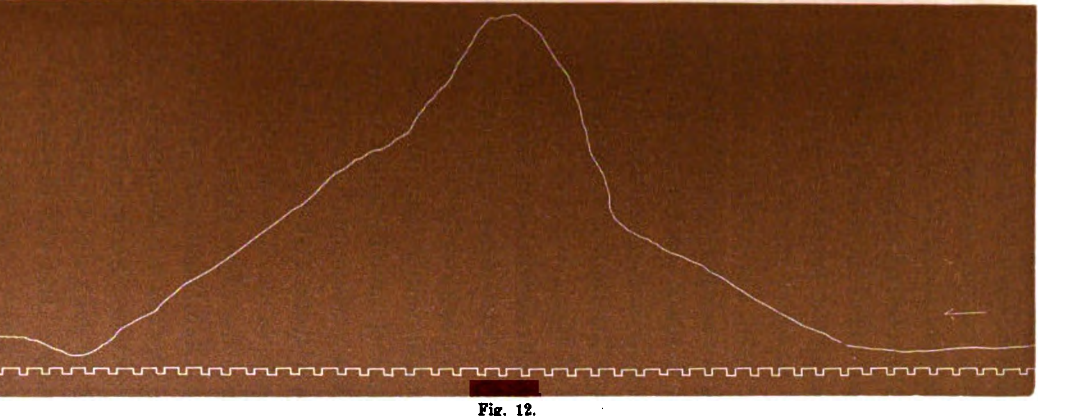


Fig. 12.
Zwerchfellkrampf bei directer Reizung des Rückenmarks mit intermittirenden Strömen (1500 E. 2 D. 1/30" Interv.). Curve verläuft von rechts nach links. (Kaninchen.)

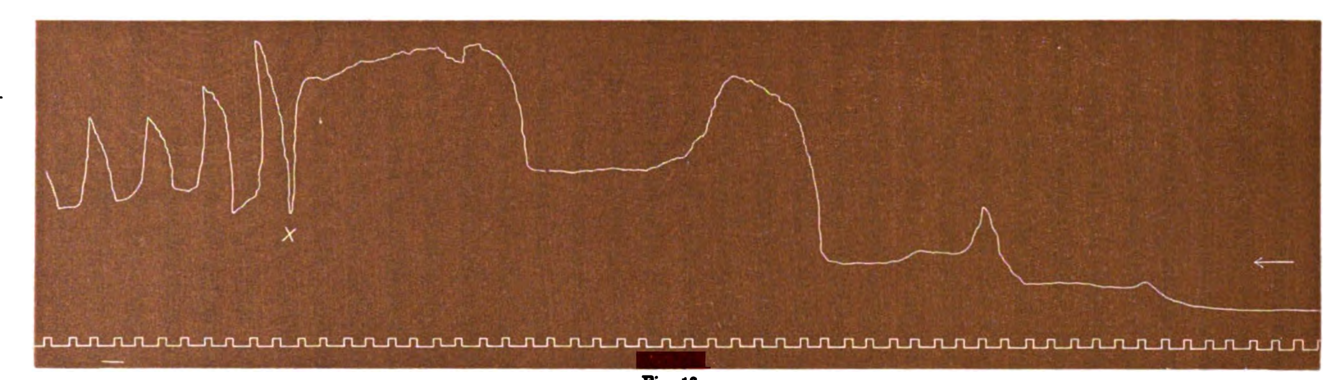


Fig. 13.
Lawinenartig anwachsende Zwerchfellkrämpfe nach Abtrennung der Med. oblongata und directer Reizung der Med. spinalis mit intermittirenden Strömen von 1/30" Interv. (500 E. 2 D.) bei einem 3 Monate alten Kätzchen. Bei x treten allgemeine klonische Krämpfe auf, so dass künstliche Respiration eingeleitet wird. Curve verläuft von rechts nach links.

3 Secunden die Medulla cervicalis getroffen hatten und nach dem letzten Reize 11 Secunden verflossen waren; 2. bei b eine Gruppe von kurzen Athemkrämpfen nach vier Einzelschlägen im Intervall von etwa 4 Secunden; 3. bei c eine Krampfgruppe mit nachfolgendem isolirtem Krampfe nach sieben unwirksamen Reizen in grossem Intervall von 4 bis 5 Secunden. Zugleich zeigen die Curven, wie das Zwerchfell während der Reizungen allmählich herabsteigt bevor seine tetanischen Abflachungen das Bild der Athemkrämpfe geben. Wurde dagegen das Rückenmark mit intermittirenden Reizen von $^1/_{22}$" bis $^1/_{20}$" Intervall und besonders mit letzterer Frequenz gereizt, welche ich bei den Untersuchungen über die Nn. phrenici als die günstigste kennen gelernt, und zwar entweder in Pausen von 0,5 bis 1 Secunde, oder längere Zeit ohne Pause, so sah man nach längerer Einwirkung des Reizes, z. B. nach 15 Secunden schon bei mässiger Stromintensität (500—700 E.) unter klonischen Zuckungen besonders der Rumpfmuskulatur erst einen Inspirationskrampf des Thorax eintreten, dem erst später ein Tetanus des Zwerchfells folgte. Hierauf trat meist noch ein zweiter kleinerer und kürzerer Zwerchfellskrampf auf. Das Zwerchfell steigt dabei ganz allmählich zuweilen bis zu maximaler Contractionsstellung an und geht dann ganz langsam in die ursprüngliche Ruhestellung zurück (Fig 12). Nicht selten sieht man auch, doch stets, nachdem zuerst ein Thorax-Inspirationskrampf vorausgegangen, eine Reihe allmählich an Grösse zunehmender Zwerchfellscontractionen hintereinander, und zwar setzt die nächste Zusammenziehung ein, bevor die vorhergehende abgelaufen ist, so dass das Ganze lawinenartig ansteigt. Die Dauer einer Athemperiode, sowie deren Höhe, variirt bedeutend je nach der Dauer und Intensität der Ströme und je nach der Erregbarkeit des Rückenmarks. Ich habe solche von 34 Secunden und $4,3^{cm}$ Höhe, bis herab zu 8 Secunden und $0,6^{cm}$ Höhe gesehen. Fig. 13 gibt das Bild mehrerer anwachsender Contractionen hintereinander. Die vier Perioden betrugen in diesem Falle

1. 7 Secunden bei $0,3^{cm}$ Höhe,
2. 9 „ „ $1,1^{cm}$ „
3. 13 „ „ $2,7^{cm}$ „
4. 11 „ „ 3^{cm} „

Die Reizung musste während der vierten Periode unterbrochen werden, bevor der Krampf zu Ende war, da allgemeine Muskelkrämpfe auftraten, welche einen bedenklichen Charakter annahmen und sofort die Einleitung künstlicher Respiration erforderten. Dass solche Bewegungen des Rumpfes und des Zwerchfells mit den normalen Athembewegungen des Kaninchen nichts gemeinsam haben, liegt auf der Hand. Sie sind ihrer ganzen Natur nach Athemkrämpfe. Der kürzeste derartige Krampf in Folge directer Reizung der Med. spinalis ist noch immer acht Mal länger als eine normale Athembewegung des Kaninchens, wenn man die Zahl der Respirationen eines längere Zeit aufgebundenen Thieres nur auf 60 pro 1 Minute veranschlagt. Auch ausserdem wiesen die mit jeder solchen Athemauslösung verbundenen allgemeinen Erregungen der Körpermuskulatur auf die Natur der ersteren hin. Hier handelt es sich natürlich nicht um Stromschleifen auf die Nn. phrenici. Rückt man mit den Elektroden in die Gegend des Austritts der Zwerchfellnerven, und reizt man dort die Med. spinalis mit intermittirenden Reizen von 1/20 Secunde Intervall, so kann man, wie bei directer Reizung der peripheren Phrenici die Athembewegungen beliebig lang oder kurz machen, je nach der Dauer des Reizes. Wir haben es somit bei den Zwerchfellkrämpfen mit einer durch rhythmische Reize erhaltenen Summationswirkung zu thun, wie solche nach allen bisherigen Erfahrungen sowohl für die direct gereizte Med. spinalis, wie für die reflectorisch erregte charakteristisch ist. Sehr lehrreich war gleichzeitig, dass bei den Kaninchen, welche ja normaler Weise nur mit dem Zwerchfell athmen, dennoch zuerst bei den directen Reizungen des Rückenmarks die Athemmuskeln des Brustkorbes sich zusammenzogen, eine Thatsache, welche nur dadurch zu erklären ist, dass eben die den Elektroden räumlich näher gelegenen Wurzeln für die Athmungsnerven der Thoraxmuskulatur auch zuerst durch die Ströme in Erregung versetzt wurden und dann erst die Phrenici. Von der Haut aus, durch Kneifen der Pfoten, des Schwanzes etc., sind bei den höheren Wirbelthieren, deren gesammtes Hirn abgetrennt ist, nur selten, unter günstigen Bedingungen reflectorisch Athembewegungen auszulösen. Im Grossen und Ganzen stehen somit meine Resultate am Zwerchfell des Kaninchen in keinem Wider-

spruche mit den Erfolgen, welche Biedermann bei directer Reizung und Stirling bei reflectorischer Erregung des Rückenmarks an Muskeln der Hinterextremität des Frosches sahen. Von Wirkungen, welche für die Existenz eines Centrum der Athmung im Rückenmarke sprächen, habe ich absolut nichts gesehen; im Gegentheil, alles wies darauf hin, dass es sich nur um Leitungsbahnen handelte. Freilich, und das ist das Bedeutsame, werden die Erregungen in den Leitungsbahnen des Rückenmarks nicht fortgepflanzt wie im motorischen Nerven, sondern dieselben verhalten sich wie sensible Nerven, welche in denjenigen grauen Massen endigen, die als Centren der Phrenici dienen. Deshalb geben Einzelschläge, welche beim motorischen Nerven eine Zuckung des Muskels verursachen, hier im Allgemeinen keine Wirkung, während intermittirende Reize sich summiren und dann die Entladung folgt. Wie stehen nun diese Ergebnisse mit den Beobachtungen in Einklang, welche Langendorff zu dem Ausspruche veranlassten, dass die wahren Centren der Athmung im Rückenmarke gelegen seien, während das Athemcentrum in der Med. oblongata nur ein regulirendes, ein Hilfscentrum sei? Brown-Séquard hatte bereits 1855 die Bemerkung gemacht, dass die Abtragung des Lebensknotens im verlängerten Marke nicht nothwendigerweise tödtliche Folgen habe; dann hatten Rokitansky und v. Schroff 1874 bei Kaninchen mit durchtrenntem Halsmarke, die sie mit Strychnin vergiftet hatten, noch Athembewegungen während der Strychninkrämpfe gesehen und schlossen daraus, dass in der Med. spinalis ein Centrum für rhythmische Bewegungen existire, welches im Leben nur während des Zusammenhanges mit dem Gehirn functionire, durch Strychnin aber für kurze Zeit selbst nach Aufhebung dieses Zusammenhanges zu arbeiten vermöge. Schliesslich lenkte Langendorff besonders die Aufmerksamkeit auf die Athmung neugeborener Thiere, „bei welchen die Med. oblongata dicht, oder wenige Millimeter unterhalb der Spitze des Calamus scriptorius durchschnitten worden," und welche dann sowohl selbständig, als besonders nach schwachen Strychnininjectionen längere Zeit „wie normale Thiere" athmeten. Bei solchen Thieren gelang es Langendorff während der Athempause nach künstlicher Ventilation durch leises Streichen und An-

blasen der Haut, durch Kneifen der Pfoten und des Schwanzes, oder durch elektrische Reizung des Ischiadicus kräftige Athembewegungen auszulösen und zwar auf einen Reiz zuweilen eine ganze Serie derselben. Oefter aber erhielt er gar keine Reflexe und ausserdem war die Erschöpfbarkeit der häufig hintereinander gereizten Centra sehr gross. Dann gelang es ihm, die Reflexe durch kleine Strychningaben sofort wieder sichtbar zu machen. Er konnte die Rückenmarksthiere auch apnoisch machen und sah dann alle Reflexe auf die Athmung fortfallen. Die spinalen Centra der Athmung sind aber nach Langendorff nicht allein reflectorisch erregbar, sondern auch automatisch wirksam. Bei Neugeborenen sah er während der künstlichen Respiration oder auch während der eingeschalteten Athempausen, ganze Serien langsamer, aber durchaus regelmässiger Athmungen wie nach Vagus-Durchtrennung auftreten. Doch ermattete diese selbständige Athmung sehr bald, konnte aber dann durch Strychnin. wieder neu belebt werden. Langendorff glaubt sich überzeugt zu haben, dass diese Bewegungen wirkliche Athmungen und nicht Muskelkrämpfe und ebenso, dass es nicht Reizerscheinungen in Folge von Abtrennung der Med. oblongata sind. Die scheinbare oder wirkliche Sistirung der Athmung nach sectio bulbi sei keine Ausfallserscheinung, wie Goltz, Brown-Séquard und Andere meinten, sondern sei als eine Hemmung aufzufassen. Auch ich habe bei strychnisirten jungen Kaninchen und Kätzchen und unter besonderen Bedingungen selbst bei älteren Thieren, wenn dieselben nämlich so kaltblütig gemacht waren, dass das aus dem Körper entfernte Herz noch lange Zeit, wie ein Froschherz, weiter schlug, nach der sectio bulbi noch spontane und reflectorische Bewegungen des Zwerchfells gesehen. Die Aufzeichnung derselben aber zeigte zur Evidenz, was schon der Augenschein lehrte, dass es sich auch in diesen Fällen nicht um normale Athembewegungen, sondern um Athemmuskelkrämpfe handelte. Die kaltblütigen Kaninchen verhielten sich nach der Abtrennung der Med. oblongata, freilich auch nur für ganz kurze Zeit, wie Reflexthiere und es gelang durch Kneifen der Haut oder des Schwanzes einen langen Zwerchfellkrampf auszulösen, zugleich mit demselben aber hob sich der ganze Hintertheil des Thieres in die Höhe, falls letzteres hinten

losgebunden war. Dieser Versuch war am selben Thiere ein bis drei Mal mit Erfolg zu wiederholen. Ebenso beobachtete ich in diesen Fällen unmittelbar nach der Durchtrennung der Med. cervicalis eine oder zwei spontane sog. Athmungen, ebenfalls mit Zittern des ganzen Körpers verbunden. Dies zeigt, in welchen enormen Erregungszustand das Rückenmark derartiger Thiere geräth. Aehnliche aber noch günstigere Verhältnisse erhält man, wenn man junge Thiere leicht strychnisirt, so dass die allgemeinen Muskelkrämpfe nicht zu stark und zu lang anhaltend werden, sondern schnell vorübergehen, ohne dass das Herz zu schlagen aufhört. Ganz ohne Muskelkrämpfe habe ich die Thiere nach Strychnisirung, wie es Langendorff bei den neugeborenen erreichte, nie gesehen. Bei meinen Thieren traten nicht nur während des Strychninkrampfes, sondern auch während der Zwischenzeit und besonders dann, wenn gleichzeitig künstlich geathmet wurde und die Zeit der allgemeinen Muskelkrämpfe herannahte, ganze Reihen Zwerchfellkrämpfe auf, z. B. acht in einer Minute und auch noch mehr, wenn man die unregelmässigen Zusammenziehungen des Zwerchfells und die eingeschobenen modificirten künstlichen Respirationen einzeln mitrechnet, welche daneben ab und zu zur Geltung kamen. Fig. 14 und Fig. 15 geben solche Beispiele. Während der Pause der künstlichen Respiration war die Anzahl der Krämpfe des Zwerchfells geringer, ihre Höhe kleiner, wie Fig. 16 zeigt. Dass man die Haut der strychnisirten Thiere nur leicht berühren durfte, um mit allgemeinen Muskelkrämpfen gleichzeitig Athemkrämpfe des Zwerchfells zu erhalten, ist leicht begreiflich. So ist es nicht zu verwundern, wenn ganz junge strychnisirte oder neugeborene Thiere sich verhalten, wie es Langendorff geschildert hat: Thiere, welche bekanntermaassen in diesem Zustande den Reflexfröschen ähnlicher sind, als den älteren Exemplaren ihrer eignen Species. In der Deutung der Erscheinungen liegt der fundamentale Unterschied zwischen Langendorff und mir. Ich habe nie normale Athembewegungen, sondern immer nur, wie bei directer elektrischer Reizung des Rückenmarks, Athemmuskelkrämpfe bei geköpften Thieren beobachtet. Dass ältere Thiere und auch die meisten jüngeren und viele neugeborene unmittelbar nach Abtrennung der

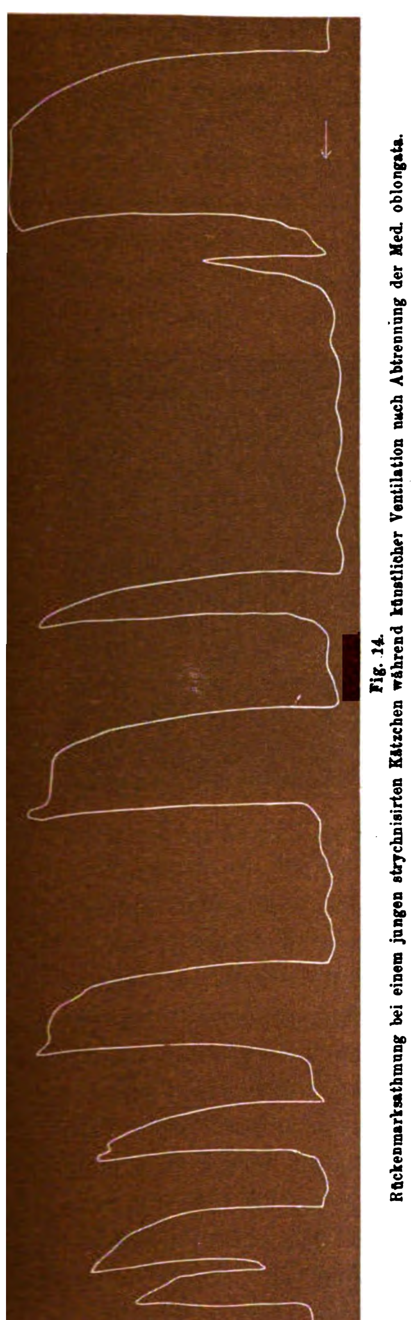


Fig. 14.
Rückenmarksathmung bei einem jungen strychnisirten Kätzchen während künstlicher Ventilation nach Abtrennung der Med. oblongata.

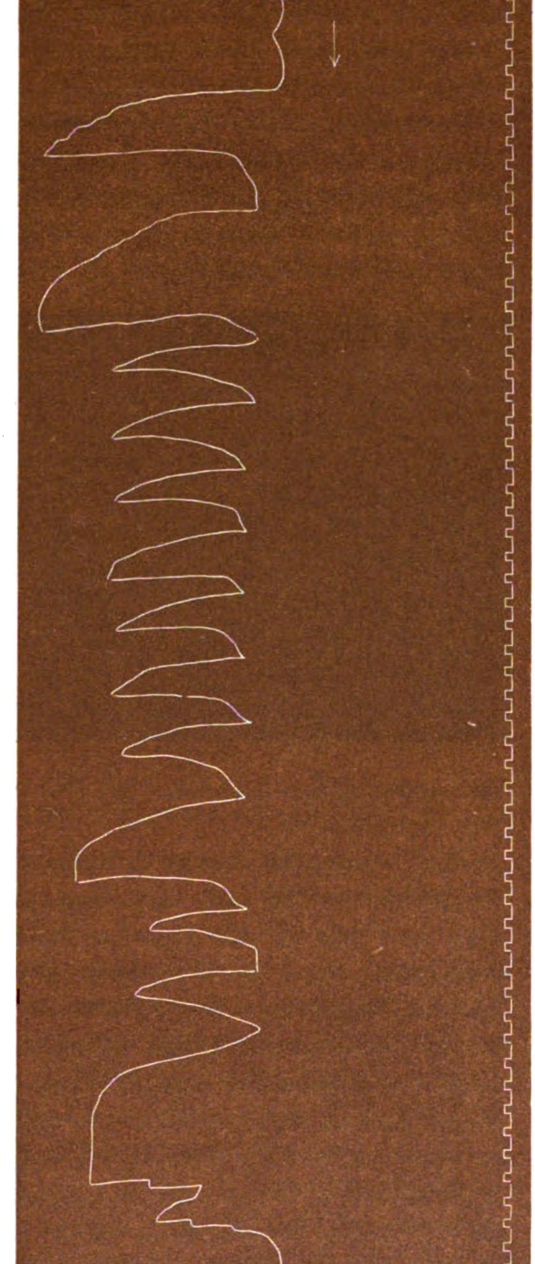


Fig. 15.
Rückenmarksathmung bei einem jungen strychnisirten Kätzchen nach Abtrennung der Med. oblongata während künstlich geathmet wird.

Med. oblongata unterhalb des calamus scriptorius zu athmen aufhören, erklärt Langendorff als eine Wirkung der Vagus- und Trigeminuswurzeln, deren Reizung bei der Durchtrennung hemmend auf die Athmung wirkt, und gleichzeitig sollen in den der Verletzung nahegelegenen Theilen des Rückenmarks Lähmungen, zumal der Reflexe gesetzt werden. Aus diesem chocartigen Zustande folge sowohl der Stillstand der Athmung als auch die grosse Erschöpfbarkeit der spinalen Athemcentren, eine Eigenschaft, welche den letzteren nicht etwa eigenthümlich sei. Diese Anschauung ist theils ge-

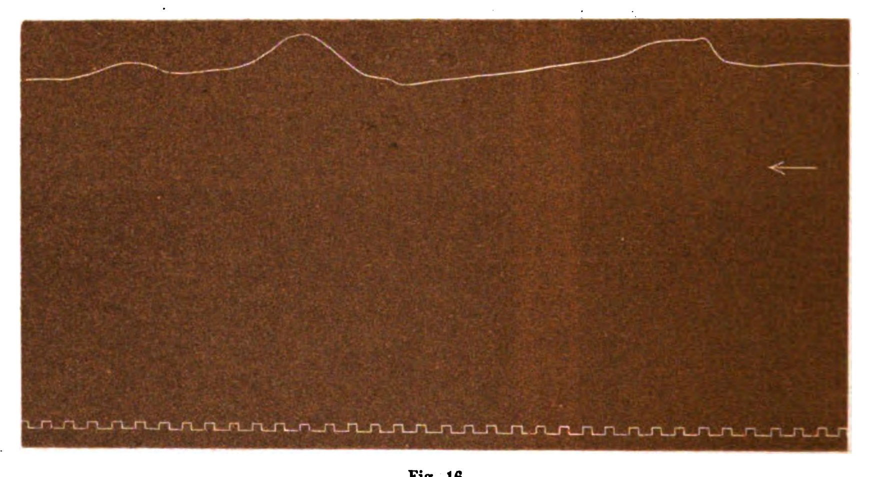


Fig. 16.
Rückenmarksathmung bei einem jungen strychnisirten Kätzchen nach Abtrennung der Med. oblongata und nach Suspension der künstlichen Athmung.

zwungen, theils entspricht sie nicht den Thatsachen. Ich werde später zeigen, dass die Nn. vagi keine Hemmungsnerven für die Athmung sind, und dass die Nn. trigemini ferner nur Hilfsnerven der Athmung sind, deren Durchtrennung den Athemtypus nicht ändert. Man sieht umgekehrt nach Durchtrennung der Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums im vierten Ventrikel und der Nn. vagi am Halse, lange Zeit fortlaufende Athemkrämpfe, unter denen das Thier viel länger lebt, als wenn die Vagi unversehrt geblieben. Der chocartige Zustand geht, wenn er überhaupt eintritt, rasch vorüber und die Reflexe werden wieder normal; so ist es nicht wahrscheinlich, dass letztere Gründe für das Aufhören der Athmung nach sectio bulbi verantwortlich zu machen sind. Auch folgender Versuch, den ich

viele Mal ausgeführt habe, spricht gegen die Langendorff'sche Deutung. Isolirt man das Athemcentrum von allen centripetalen Nerven, deren Einfluss auf die Auslösung der Athmung in Frage kommt, so steht die Athmung nicht etwa still, sondern es treten die charakteristischen Athemkrämpfe auf, welche uns noch später beschäftigen werden. Diese Krämpfe dauern lange Zeit fort und unter ihrem Einflusse wird das Thier kaltblütig. Trennt man dann die Med. oblongata vom Halsmarke ab, so steht trotzdem die Athmung jetzt still, nachdem noch ein bis zwei Athemkrämpfe in langen Zwischenräumen mit Erheben und Zittern des ganzen Körpers aufgetreten sind und nachdem man noch durch Reizung der Haut, des Schwanzes und der Extremitäten reflectorisch ein bis zwei Zwerchfellkrämpfe hat auslösen können. Dann ist alles vorüber. Nach meiner Auffassung steht die Athmung nach sectio bulbi deshalb still, weil mit der Med. oblongata das Athemcentrum zugleich abgetrennt ist. Wie sind aber dann die bei neugeborenen, bei jungen strychnisirten und älteren, kaltblütig gewordenen Thieren auftretenden Athemkrämpfe zu erklären, besonders, wenn dieselben rhythmisch auftreten? Nicht, wie Langendorff meint, weil die spinalen Athemcentren sich wieder erholt haben und nun sowohl reflectorisch erregt werden, als auch automatisch arbeiten, sondern man muss annehmen, dass bei künstlich gesteigerter Erregbarkeit des Rückenmarks leise Erregungen, sei es von der Haut, sei es von der Schnittfläche aus, genügen, um allmählich durch Summation tetanische Zusammenziehungen des Zwerchfells, wie auch anderer Muskeln zu erzielen, wie man sie künstlich durch directe elektrische intermittirende Reizung des Rückenmarks erhält. Wenn man aber auch annehmen muss oder will, dass die natürlichen Reize von der Schnittfläche oder von der Haut aus nicht intermittirend, sondern continuirlich wirken, so lassen sich trotzdem die rhythmischen Bewegungen des Zwerchfells, wie sie Langendorff und auch ich beobachtet haben, leicht erklären. Denn es ist eine bekannte und vielfach bestätigte Thatsache, dass continuirliche Reize rhythmische Bewegungen auslösen können. Merkwürdigerweise ist es besonders das Zwerchfell, an dem man schon frühzeitig noch nach dem Tode des Menschen und der Thiere rhythmische Bewegungen beobachtet hat. Budge

schreibt im Jahre 1842: „Nach dem Tode des Thieres bleibt das Zwerchfell oft eine halbe Stunde lang, manchmal noch viel länger in beständig zitternder Bewegung. Man sieht ein fortwährendes Schwingen auf- und abwärts, zuweilen, besonders bei älteren Thieren, sieht man es länger fortbestehen als den Herzschlag.“ Aehnliches beobachteten Valentin und Volkmann. Remak sah das Zwerchfell noch 48 Stunden nach dem Tode sich bewegen, nachdem jede Spur Leben im Nervensystem erloschen war. Dasselbe bestätigten Brown-Séquard und Vulpian. Richet beobachtete im Jahre 1881 bei einem Hunde nach dem Tode spontane Muskelbewegungen, welche ungefähr 55 Minuten andauerten. Indessen war das Herz entfernt worden und die Circulation bestand nicht mehr. „Diese bemerkenswerthen Zusammenziehungen der Muskeln, sagt Richet, waren rhythmisch.“ Es waren Zuckungen in den Vorderextremitäten und im Zwerchfell, in Zwischenräumen von ungefähr 4 bis 10 Secunden aufeinanderfolgend. An anderen Muskeln sind nach dem Tode ähnliche Beobachtungen gemacht worden, z. B. an den Gesichtsmuskeln der Choleraleichen (M. Brandt), an abgeschnittenen Gliedern (Bennet Dowler) u. s. w. Ebenso fand Biedermann, dass der Muskelsubstanz die Fähigkeit zukommt, auch bei dauernder Einwirkung gewisser chemischer Reize in einen discontinuirlichen rhythmischen Erregungszustand zu gerathen und sehr bekannt und studirt ist der Versuch, einen Reflexfrosch mit den Hinterextremitäten in eine ganz verdünnte Säurelösung (0,5 — 1 ‰ Schwefelsäure) zu tauchen, wie es Türck, W. Baxt und Stirling gethan. Nachdem der Frosch sich in dieser Lösung eine gewisse Zeit ganz ruhig verhalten, beginnt er plötzlich: erst mit den Zehen ganz leise, dann mit dem ganzen Beine eine Reihe ausgiebiger rhythmischer Bewegungen zu machen; sind diese vorüber, so lässt er den Schenkel wieder ruhig in der Säure eintauchen. Ich habe den Frosch seine Beinbewegungen in ähnlicher Art, wie es Stirling gethan, aufschreiben lassen. Fig. 17 zeigt dieselben, und man wird zugeben, dass sie normalen Athembewegungen des Kaninchens sehr ähnlich sehen; doch wird Niemand annehmen, dass unter diesen Bedingungen im Rückenmarke oder im Froschschenkel ein Krampfcentrum thätig sei, welches rhythmische Bewegungen auslöste. Oder vielleicht doch? Für denjenigen, der

in jeder Ganglienzelle ein Centrum erblickt, mag diese Annahme verführerisch sein. Ich komme somit zu folgenden Schlüssen: Durchschneidungs- und Reizversuche haben erwiesen, dass im Rückenmarke nur die centrifugalen Bahnen der Athmung liegen, welche die vom Athemcentrum ausgesandten Reize durch die Ganglienzellen in modificirter Weise den peripherischen Nerven übermitteln. Im Rückenmarke liegen keine speciellen Centra für die Athmung. Die bei neugeborenen und kaltblütig gemachten Thieren vom Rückenmarke

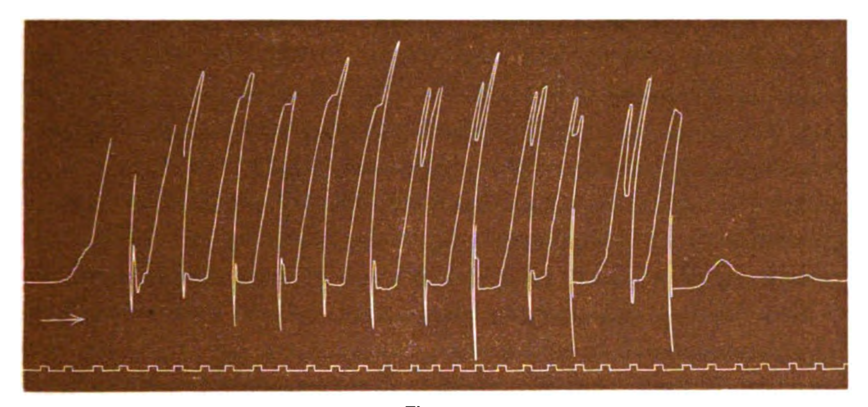


Fig. 17.
Rhythmische Bewegungen des in 0,5 promillige Schwefelsäure getauchten Beines eines decapitirten Frosches.

ausgehenden einzelnen oder rhythmischen sog. Athembewegungen, sind keine normalen Athmungen, sondern Tetani der Athemmuskeln, an denen sich häufig genug auch andere Muskeln betheiligen. Alle dabei auftretenden Erscheinungen lassen sich leicht aus längst bekannten Thatsachen erklären. Wir müssten sonst nach obigen Auseinandersetzungen auch in die Muskelsubstanz Bewegungscentren verlegen, wozu Ranvier und Richet, vielleicht auch Lovén und Wedenskii zu neigen scheinen. Dann hätten wir eben eine aus Centren bestehende Körperperipherie.

III. Die Athemcentra im verlängerten Marke.

A. Sitz des Athemcentrums. Kopfdyspnoe. Missgeburten.

Dass es am Anfange des Rückenmarks einen Theil gibt, dessen Zerstörung auf der Stelle sofort Athmung und Leben aufhebt, lehrte

bereits Galen. Viel später wurde Lorry, ohne die Arbeiten Galen's zu kennen, bei seinen Rückenmarks-Durchtrennungen zu denselben Erfahrungen geführt. „Sticht man Messer oder Stilet zwischen zweiten und dritten Wirbel in das Rückenmark ein, sagt er, so erhält man keine Convulsionen, sondern das Thier stirbt auf der Stelle und Puls und Athmung hören für immer auf." Desgleichen fand Cruikshank, dass Abtrennung des Rückenmarks am obern Theile des Halses den augenblicklichen Tod zur Folge hatte. Legallois aber war der Erste, welcher die Stelle, „von der die Athmung abhing", in das verlängerte Mark verlegte und zwar nahe den Ursprungsstellen der Nn. vagi, so dass Percy, welcher den Versuchen Legallois beiwohnte, in seinem Berichte an die französische Akademie erklären konnte: „le premier mobile ou le principe de tous les mouvements respiratoires a son siége vers cet endroit de la moêlle allongée qui donne naissance aux nerfs de la huitième paire". Budge und Volkmann trugen bei Thieren das Gehirn bis zum verlängerten Marke ab, nämlich Grosshirn, Vierhügel, Brücke und Kleinhirn, und fanden, dass dies nicht den geringsten Einfluss auf die Athembewegungen hatte, während ein Schnitt in der Gegend des calamus scriptorius dieselben sofort aufhob. Auch halbirte Volkmann wiederholt das verlängerte Mark in der Sagittalebene, ohne die Athembewegungen zu vernichten oder auch nur in ihrem Rhythmus zu stören. Flourens hat dann das Athemcentrum näher zu umgrenzen versucht. Er verlegte damals (1842) die obere Grenze unmittelbar vor (oberhalb) und die untere drei Linien unterhalb des Ursprunges der Nn. vagi. Die ganze Ausdehnung betrug somit bei Kaninchen nur wenige Linien. Er verwahrte sich aber sogleich dagegen, dass der Ursprung der Nn. vagi selbst Sitz des Athemscentrums sein könne, da man die Vagi am Halse durchtrennen könne und trotzdem die Athmung fortdauere. Longet fand darauf im Jahre 1847, dass der von Flourens als Sitz des Athemcentrums angesprochenen Stelle nicht in ihrer ganzen Dicke die Eigenschaft zufällt, die Athmung sofort zu vernichten, sondern nur den in demselben Niveau gelegenen intermediären Bündeln, welche reich an grauer Substanz, Ganglienkugeln und Gefässen sehr wohl geeignet wären, im Centrum der Med. oblongata

einen besonderen Herd der Innervation zu bilden. In Folge erneuter Untersuchungen kam dann Flourens zu seinem so berühmt gewordenen „noeud" oder „point vital", den er an die Spitze des V der grauen Substanz verlegte, dessen Grösse er mit einem Stecknadelknopf verglich und dessen alleinige Zerstörung genüge, das Leben plötzlich zu vernichten. Später modificirte er selbst diese Ansicht in der Weise, dass er die Stelle des Lebensknotens zu beiden Seiten der Medianlinie verlegte und die Ausdehnung auf 5^{mm} berechnete. Auch diese letzte Lehre Flourens fand ausser Longet noch viele Gegner. Brown-Séquard meinte schon damals, dass der Mangel des sog. noeud vital häufig weder die willkürlichen Bewegungen, noch die Sinnesempfindungen beeinträchtige, ja, dass nach vollständiger Abtrennung der Med. oblongata vom Halsmarke die Athmung fortdauern könne. Wenn plötzlicher Tod einträte, rühre dies vom Stillstand des Herzens her, als eine Folge der Reizung der benachbarten Theile des verlängerten Markes und könne dies verhütet werden durch vorangehende Durchtrennung beider Vagi. Das Aufhören der Athmung sei ebenfalls eine Reizerscheinung. Schiff fand, dass Durchbohrung der Spitze des calamus scriptorius keinen so directen Einfluss auf die Athmung hätte, und verlegte nach seinen Versuchen das Athemcentrum in die Seitenstränge. Jede Körperhälfte habe ihr eigenes Athemcentrum; beide Centra seien durch eine ziemlich breite Masse grauer Substanz von einander geschieden. Sie lägen nur äusserst wenig hinter der Austrittstelle der Nn. vagi, nahe dem Seitenrande der grauen Masse (die den Boden des vierten Hirnventrikels bildet) und reichten weniger weit nach hinten als die Alae cinereae selbst, deren hinteren Theil Schiff noch ohne unmittelbare Gefahr des Lebens ablösen konnte, während Verletzung des oberen äusseren Theils die Athmung aufhören machte. So stand die Sachlage bis zum Jahre 1873, als Gierke auf Grund von Durchschneidungen und mikroskopischer Untersuchung der durchschnittenen Theile erklärte, dass er nicht im Stande wäre, eine bestimmte Zellengruppe in der vierten Hirnhöhle festzustellen, deren alleinige Vernichtung den Stillstand der Athembewegungen und den Tod des Thieres zur Folge hätte. Vorsichtige isolirte Zerstörung der Hypoglossuskerne, der alae cinereae (Vaguskerne) waren

wirkungslos oder zeigten doch nur ganz momentane Veränderung der Athmung. Durchstechung der alae und der seitlich und oberhalb befindlichen Markmasse sistirte die Thätigkeit nur beschränkter Athemmuskelgruppen, und nur auf der verletzten Seite (Zwerchfell und Rippenmuskel!). Wenn Gierke dagegen die Längsbündel feiner Nervenfasern verletzte, welche vom Vagus- und Hypoglossuskern herrührten, von diesen sich abzweigten, so wurde die Athmung vernichtet. Diese Bündel sind nach Gierke die Hauptleiter für den Athemmechanismus und erhalten ihre Erregungen von verschiedenen Zellengruppen, mit denen sie in mehr oder weniger nachweislich anatomischer Beziehung stehen. Es gelang Gierke nicht, diese Zellengruppen zu isoliren, welche das muthmaassliche Athemcentrum enthalten sollen und die centripetalen Erregungen zu den Zellen der motorischen Respirationsnerven vermitteln. „Es sind diese Zellengruppen und Längsbündel, sagt Gierke, coordinirte Theile eines Ganzen, welches immer noch den Namen Athemcentrum verdient, wenn es sich auch sehr von dem Flourens'schen unterscheidet.“ Diese Anschauung fand viele Anhänger und Gegner. In neuester Zeit kommt Mislawsky in einer vorläufigen Mittheilung, deren Bestätigung noch aussteht, zu ganz entgegengesetzten Resultaten. Die Gierke'schen Bündel haben nach ihm keine Beziehungen zu den Athembewegungen, die trotz der Durchtrennung derselben fortdauern. Dagegen hören letztere sofort auf, wenn die Zellengruppen zerstört werden, die in den sog. Faisceaux intermediaires ou laterales (Longet) eingelagert sind und zwei Centren von unregelmässiger, aber doch ziemlich beständiger Form bilden, zu beiden Seiten der Raphe nach innen von den Hypoglossuswurzeln und dicht ihnen anliegend. Diese Centra liegen zwischen Oliven und grauer Substanz des Bodens des vierten Ventrikels und reichen von dem Niveau der Basis des calamus scriptorius bis zu dessen Winkel. Die Leitungsbahnen von diesen Centren zu den Rückenmarksursprüngen der Athemmuskelnerven liegen in der Höhe, wo der Centralkanal bereits geschlossen ist, ausserhalb der Gierke'schen Bündel. Ich habe schliesslich noch Frédericq anzuführen, welcher gegenüber Langendorff für die Existenz eines wahren Athemcentrums in der Med. oblongata mit Versuchen eintrat, in denen er nachwies,

dass durch directe Abkühlung des blossgelegten Organs mit Eis die Athmungen beträchtlich verlangsamt wurden und bei Wiedererwärmung so rasch wieder an Frequenz zunahmen, dass an eine Fernwirkung auf spinale Centren nicht zu denken war. — Alle diese Versuche, wenn auch im Einzelnen sehr verschieden und sich mannigfach widersprechend, haben doch das Gemeinsame, dass sie als einziges Centrum für die Athmung eine circumscripte Stelle der Med. oblongata in der Nähe der Vaguskerne annehmen, deren Zerstörung die Athmung für immer vernichtet, deren Isolirung die Respiration fortbestehen lässt, so lange die Verbindung mit den Athemmuskelnerven erhalten ist. Demgegenüber stehen die Ansichten derer, welche die Hauptcentra der Athmung an ganz andere Stellen des Centralnervensystems verlegen und dem Centrum im vierten Ventrikel nur eine secundäre Rolle beimessen. Von den spinalen Centren und deren Vertreter haben wir das Nöthige bereits gesagt; auf die höher gelegenen Centren im Boden des dritten Ventrikels (Christiani) und in den Vierhügeln (Martin und Booker, Christiani, Steiner) kommen wir später zurück.

An die Durchtrennungsversuche der Med. oblongata in verschiedener Höhe knüpften sich gleichzeitig höchst wichtige Beobachtungen, welche für die Frage, ob die Med. oblongata oder höher gelegene Hirntheile Sitz des Athemcentrums sei, jetzt, wo die Meinungen so getheilt sind, von grundlegender Bedeutung geworden sind, nämlich das Auftreten der Kopfdyspnoe. Schon Legallois berichtet, dass man beim Athmen vier gleichzeitige Bewegungen unterscheiden könne: 1. das Bâillement, 2. Oeffnen der Glottis, 3. Heben des Thorax, 4. Zusammenziehung des Zwerchfells. Extrahirte man das verlängerte Mark, sagt Legallois, so standen alle diese Bewegungen zusammen still. Ein Schnitt in der Höhe des ersten Cervicalwirbels und gleichzeitige Durchtrennung der Vagi am Halse, hob Brust- und Bauchathmung auf und lähmte die Glottis, nur das Bâillement bestand fort, die Thiere schnappten noch eine Zeitlang nach Luft. Dasselbe beobachteten Mayers 1815, Bell 1832 u. A. m. Flourens sah, dass wenn man die Med. oblongata unterhalb des Ursprungs der Nn. vagi durchtrennte, man bei den Thieren, je tiefer der Schnitt fiel, desto

länger, während 1 bis 2½ Minuten zuerst eine convulsivische Erweiterung der Nasenlöcher, dann ein häufiges Schnappen des Maules nach Luft bemerkte, worauf dieselben starben. Durchschnitt man dagegen das verlängerte Mark oberhalb des Ursprungs der Nn. vagi, so wurden die Bewegungen des Kopfes sofort zerstört, während die des Rumpfes bestehen blieben. Auch Volkmann zog aus seinen Versuchen den Schluss, dass die Athembewegungen in jedem Körpertheile augenblicklich aufhören, wenn dessen Verbindung mit dem Athemcentrum unterbrochen wird, während an geköpften Kaninchen, besonders an jungen, die Athembewegungen des Maules und der Nase noch geraume Zeit fortbestehen. Enthauptet man einen Menschen oder ein Thier, sagt Valentin, so dass das verlängerte Mark in dem losgetrennten Kopfstück enthalten ist, so schnappen die Kiefer, der Rumpf dagegen verhält sich äusserlich ruhig. Befindet sich der Querschnitt des verlängerten Markes vor den Vaguswurzeln, so fallen die Athembewegungen der Kopfgebilde hinweg, die des Körpers dagegen dauern fort. Diese altbekannten Beobachtungen kann man jeder Zeit leicht bewahrheiten. Es bildet somit das Auftreten der Kopfdyspnoe ein untrügliches Zeichen für den noch bestehenden Zusammenhang zwischen Athemcentrum einerseits, facialis und motorischer Wurzel des trigeminus andererseits, und gleichzeitig weist das Fehlen der Kopfdyspnoe auf eine Trennung zwischen beiden hin. Da nun bei einem Schnitte in der Höhe der alae cinereae die Kopfdyspnoe fehlt, so muss das Athemcentrum von facialis und trigeminus abgetrennt sein, kann demnach nicht seinen Sitz in höher gelegenen Hirntheilen haben, deren Zusammenhang mit den in Frage stehenden Nerven unversehrt ist. Andererseits müsste bei einem Schnitte, welcher zwischen facialis und trigeminus einerseits und einem Athemcentrum im dritten Ventrikel fiele, jede Bewegung der Nasenlöcher bei der Athmung verschwinden, während dies nicht der Fall ist. Ich habe eine solche Durchtrennung gemacht und nach derselben ein lebhaftes Spiel der Nasenlöcher und der Kiefermuskeln fortbestehen gesehen. Mit der Erkenntniss des Sitzes des Athemcentrums lenkte man gleichzeitig die Aufmerksamkeit auf jene Missgeburten, welche mit grossen Defecten des Gehirnes auf die Welt kamen und noch längere Zeit athmeten. So beschrieb Lawrence den Fall, in

welchem ein Kind mit Mangel des Gross- und Kleinhirns unter lebhaften Athembewegungen geboren wurde. Das verlängerte Mark setzte sich ungefähr einen Zoll weit über dem Hinterhauptsloche fort und schwoll dort zu einer kleinen Masse an, welche eine weiche Geschwulst an der Basis des Schädels bildete. Alle Nerven vom fünften bis neunten Paar hingen mit dieser Geschwulst zusammen, dagegen zeigte sich keine Spur von Empfindung und nichts deutete auf das Dasein willkürlicher Bewegung hin. Lallemand sah eine hirnlose Missgeburt, welche noch drei Tage lebte. Sie stiess ziemlich starke Töne aus und saugte. Das grosse und kleine Hirn fehlten vollkommen. An der Basis des Schädels war nur das verlängerte Mark und der ringförmige Vorsprung mit den Ursprüngen des pneumogastricus, trifacialis und opticus zugegen — und andere Fälle mehr, welche beweisen, dass das selbst rudimentäre Vorhandensein der Med. oblongata genügt, um die Athembewegungen zu unterhalten. Ich habe keine isolirten Ausschaltungen vorgenommen, um den anatomischen Sitz des Athemcentrums genau zu umgrenzen; dieselben sind nicht allein äusserst mühsam und schwierig, sondern geben auch insofern unsichere und täuschende Resultate, als bei kleinen Thieren wohl keine Abtrennung so umgrenzter Theile ohne Reizung, Verletzung oder gar Zerstörung der Nachbargebilde gemacht werden kann. Doch habe ich mich bemüht, durch genaue Analyse der Folgen meiner Abtrennungen in verschiedener Höhe oberhalb des Athemcentrum und im Bereiche desselben, sowie der Reizversuche von der Med. oblongata direct, oder von den centralen Vagusstümpfen aus, eine physiologische Vorstellung von dem Sitze des Athemcentrum zu gewinnen und bin aus allen diesen Erfahrungen zu der Anschauung gedrängt worden, dass das Athemcentrum mit dem Vaguskerne in so inniger Verbindung stehen muss, dass es höchst wahrscheinlich mit letzterem identisch ist. Der aufmerksame Leser dieser Arbeit wird sich ähnlichen Anschauungen nicht verschliessen können.

B. Athmung nach Abtrennung der Medulla oblongata oberhalb des Athemcentrum. Periodische Athmung.

Trennt man bei einem Kaninchen die Med. oblongata dicht unterhalb der striae medullares (acusticae) des vierten Ventrikels

vollständig quer durch, indem man entweder zur Freilegung der Rautengrube das Kleinhirn ab- und emporhebt, oder besser, indem man ohne Eröffnung des vierten Ventrikels durch das Kleinhirn, an der Grenze zwischen hinterem und vorderem Unterlappen mit einem stumpfen Messerchen hindurchsticht (ohne die Art. basilaris zu zerreissen) und lässt den Schnitt nach vorn zwischen vorderen Pyramiden und Pons unter oder durch das sog. Vorbrückchen auslaufen, so gelingt es, wenn man bei der Durchtrennung jede bedeutendere Blutung vermieden hat, die Athmung vollkommen der normalen ähnlich und das Thier viele Stunden am Leben zu erhalten. Um sicher alle seitlichen Bahnen zu trennen, empfiehlt es sich, mittels einer feinen, schwach gekrümmten, stumpfen Präparirnadel in den Schnitt einzugehen und die Nadel nach beiden Seiten bis zu dem Knochen und an diesem transversal herumzuführen. Mit einiger Uebung gelingt es unschwer, das Messer senkrecht zur Medullaraxe einzuführen, nachdem man den Kopf des Kaninchens etwas über rechtwinklig geneigt hat, und ohne Eröffnung des vierten Ventrikel durch das Kleinhirn hindurch die Medulla in gewünschter Höhe vollkommen zu durchtrennen. Es hat dieser Schnitt den Vortheil, dass sich kein Blut auf das Athemcentrum ergiessen kann; auch ist letzteres besser vor Austrocknung geschützt, wenn es nicht entblösst wird. In allen Fällen habe ich mich hinterher durch die Section von dem Thatbestand der vollkommenen Durchtrennung überzeugt; mehrmals noch oberhalb des Schnittes das Gehirn in breiter Ausdehnung galvanocaustisch zerstört, um jeden Einwand zu entkräften, dass noch eine Verbindung mit höher gelegenen Hirntheilen bestände. Uebrigens lernt man sehr bald aus der Athmung erkennen, ob noch Verbindungen nach oben bestehen und besonders dann, wenn darauf die Nn. vagi am Halse durchtrennt werden, wie ich später schildern werde. Unmittelbar nach gelungener Abtrennung können vom Kopfe aus keine Reflexe mehr ausgelöst werden. Das Auge des Kaninchens steht weit offen, die Nasenlöcher sind eingefallen, Reizung der Cornea und der Schleimhaut der Nase werden nicht beantwortet, ein Zeichen dass die Trigemini ausgefallen sind. Der Kern des Nn. facialis kommt oft ganz unversehrt oberhalb des Schnittes zu liegen, zu-

weilen aber fällt er in den Schnitt hinein, wenn letzterer etwas zu hoch angelegt worden ist. Die Athmung steht einen Augenblick lang still, dann beginnt sie von selbst. Geschah die Durchtrennung tiefer, so ist auch der Athemstillstand ein längerer und es bedarf dann zuweilen künstlicher Respiration, um die Athmung wieder in Gang zu bringen. Ist der Choc vorüber, so bleibt die Athmung dann ganz regelmässig. Die Athmungshäufigkeit ist nach gelungener Durchtrennung der Medulla oblongata sehr verschieden. Sind gar keine Nebentheile verletzt, so ist sie der normalen gleich; ich fand bei verschiedenen Thieren: 82, 76, 67, 54, 52 Respirationen in einer

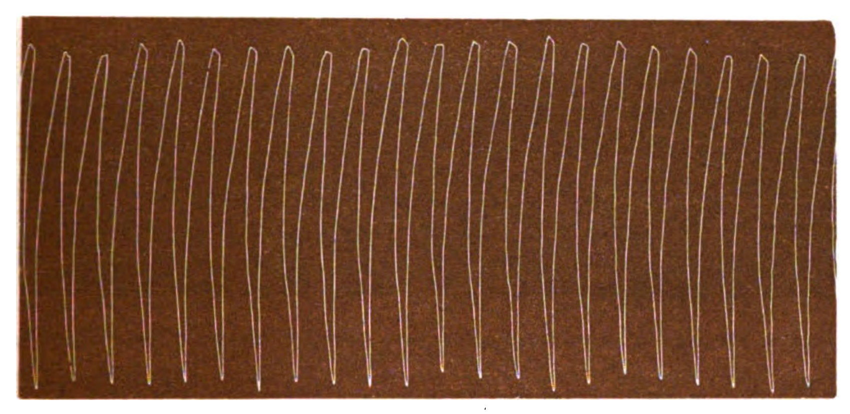


Fig. 18.
Zwerchfellathmung eines Kaninchens, dessen Med. oblongata dicht unterhalb der striae medullares (acusticae) völlig quer abgetrennt war.

Minute, ohne jede Dyspnoe, eine reine Zwerchfellathmung. Werden die Thiere nicht berührt, so athmen sie ganz gleichmässig wie Maschinen und zwar meist derart, dass die Respirationen an Grösse periodisch etwas zu- und abnehmen, ganz ebenso, wie Mosso dieselben bei schlafenden Menschen und Thieren beobachtet und abgebildet hat. Fig. 18 zeigt die Athmung eines Kaninchens nach vollkommener querer Durchtrennung der Med. oblongata dicht unterhalb der striae medullares. Je weiter aber der Schnitt nach unten gefallen ist (und jeder kleinste Höhenunterschied ist in dieser Gegend von grösstem Einflusse), desto mehr weicht die Athmung von der normalen ab. Anfangs bleibt sie regelmässig, wird aber bald langsamer und mühevoller und nimmt ganz

den Charakter der Athmung an, wie ihn normale Thiere nach Vagus-Durchtrennung darbieten. Ist noch tiefer abgeschnitten, bis an die äusserlich sichtbare Spitze der alae cinereae, so wird die Athmung sofort durchaus periodisch. Auf lange Pausen folgt eine Reihe von zwei, drei, vier und zuweilen auch fünf Athmungen, von denen die erste stets die grösste ist, während die folgenden allmählich an Grösse abnehmen. In Fig. 19 sind Perioden von je drei Athemzügen abgebildet. Eine ganz ähnliche periodische Athmung sieht man auch zuweilen nach hoher Abtrennung der Med. oblongata in den Fällen, wo durch ein Blutextravasat in der Gegend der alae cinerae ein Druck auf das Athemcentrum ausgeübt wird. Mit dem



Fig. 19.
Periodische (Zwerchfell-) Athmung eines Kaninchens nach querer Durchtrennung der Med. oblongata in der Höhe der äusserlich sichtbaren Spitzen der alae cinereae.

Entfernen des Extravasates verschwindet die periodische Athmung wieder, wie ich öfter beobachtet habe. Ferner wird, auch nach tadelloser Durchtrennung der Med. oblongata, jede vorher ganz regelmässige Athmung mit der Zeit periodisch, wenn das verlängerte Mark dauernd der Luft ausgesetzt bleibt, wie dies z. B. bei meinen Versuchen häufig nicht zu vermeiden war. Hat die Durchtrennung die Spitze der alae cinerae berührt, so wird die Athmung aussetzend; in langen Zwischenräumen folgen sich die einzelnen Athemzüge und tragen schon mehr den Charakter der Athemkrämpfe. Bei noch tieferer Abtrennung erlischt die Athmung sofort und kann durch keine künstliche Ventilation wieder neu belebt werden. Der bemerkenswertheste Typus der Athmung nach Durchtrennung der Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums ist jedenfalls der periodische und bedarf einer eingehenderen Untersuchung. Während der periodischen Athmung scheint die Erregbarkeit des Athemcen-

trum durchaus nicht gelitten zu haben. Hautreflexe durch Kneifen des Schwanzes oder der Pfoten, selbst durch blosse Berührung der Cutis, vertiefen nicht nur die einzelnen Athemzüge, sondern vermehren auch ihre Zahl, so dass die Perioden der Athmungen verlängert werden. Aber auch während der Pausen lösen Hautreflexe jedesmal eine vollständige Athembewegung aus, so dass durch rhythmisches Kneifen der Haut die periodische Respiration für einige Zeit ganz zum Verschwinden, die Athmung zur vollkommenen Norm gebracht werden kann. Mit der Dauer der Einwirkung nimmt dieser Erfolg natürlich ab, da die Reflexe, wie bekannt, sich allgemein schnell abstumpfen. Hat die periodische Athmung längere Zeit bestanden, so verkürzt sich allmählich das Stadium der Athmungsperioden auf Kosten der Pausen, es treten bei jeder Periode weniger Athemzüge auf. Dann muss die künstliche Respiration eintreten, um das Thier vor dem Absterben zu bewahren. Sehr merkwürdig ist aber, dass unmittelbar nach dem Aufhören der künstlichen Athmung, auch wenn dieselbe lange Zeit und ausgiebig in Thätigkeit war, die Perioden sofort wieder zum Vorschein kommen, nicht etwa zuvor rhythmische Athmung — ein weiteres Zeichen, dass es kaum die mangelhafte Erregbarkeit des Centrum sein kann, welche die periodische Athmung bedingt. Um zu erforschen, ob der Druck auf die alae cinereae genüge periodische Athmung hervorzubringen, wie sie in den Fällen auftrat, wo ein Blutextravasat auf der Med. oblongata den Anlass zu dieser Athmungsform zu geben schien, machte ich den Versuch, ohne vorangegangene Abtrennung der Med. oblongata einen Druck auf die Gegend der alae cinereae auszuüben und zwar nicht allein, indem ich einen grösseren Klumpen geronnenen Blutes auf die freigelegte Stelle legte, sondern auch indem ich das verlängerte Mark selbst über der Gegend des Athemcentrums mit Gewichte belastete. Eine periodische Athmung trat unter diesen Bedingungen nicht ein. Die einzelnen Athemzüge wurden bei stärkerem Drucke auf die Medulla Anfangs an Grösse wechselnd, auf einen höheren folgte ein niedrigerer; die Athmung wurde verlangsamt, die Athemzüge aber folgten sich in gleichen Intervallen und es trat keine Athempause ein. Wurde der Druck noch mehr verstärkt, so wurden die Respirationen immer kleiner und endlich stand die

Athmung still, ohne dass eine Krampfbewegung in der Körpermuskulatur eintrat. Die Reflexe hörten auf, die Cornea wurde unempfindlich, kurz das Thier schien todt zu sein in Folge einer reinen Lähmung des Athemcentrums. Das Herz aber hatte noch nicht zu schlagen aufgehört, es pulsirte noch ganz langsam und klein, und so gelang es durch sofortige Unterbrechung des Drucks und durch energische Wiederbelebungsversuche, durch künstliche Athmung und Kneten nach einigen Minuten das Thier wieder zu selbständiger Athmung zu bringen. Dieselbe war im Beginn äusserst dyspnoisch, es traten nicht allein Zwerchfell und Thorax, sondern auch alle Hilfsmuskeln der Athmung in Thätigkeit und erst allmählich legte sich der Sturm. Ein erneuter Versuch hatte den nämlichen Erfolg und trotzdem nach demselben die Med. oblongata arg mitgenommen war, wurde die wieder auftretende Athmung nicht etwa periodisch, sondern blieb ganz regelmässig. Durch einfachen Druck auf die Med. oblongata kann man demnach eine reine Lähmung des Athemcentrum ohne concomittirende Krämpfe, aber keine periodische Athmung erzielen. Die erste Bedingung für das Zustandekommen der periodischen Athmung scheint somit eine mindestens partielle Ausschaltung der vom Gehirn her auf das Athemcentrum wirkenden Reize zu sein, während die Erregbarkeit des Centrum selbst, wie vorher erwähnt worden ist und wie ich bei Betrachtung der Nn. vagi noch einmal beleuchten werde, vollkommen intact zu sein scheint. Auch Hegelmaier hat die Athembewegungen beim Hirndrucke näher untersucht, doch spricht er nirgends vom Auftreten periodischer Athmung. Dass die periodische Athmung der Kaninchen als ein Analogon der Cheyne-Stokes'schen Athmung beim Menschen aufzufassen ist, trotzdem der Charakter der Perioden im letzteren Fall ein verschiedener ist, lässt sich nicht von der Hand weisen. Es ist mir zwar bei Kaninchen nie geglückt, die Perioden in derselben Weise verlaufen zu sehen, wie dies beim Menschen häufig geschieht: in ansteigender und absteigender Treppe. Bei den Thieren fehlt stets die ansteigende Treppe, ihr erster Athemzug nach der Pause ist immer der tiefste. Doch sieht man auch beim Menschen nicht selten eine periodische Athmung mit nur absteigender Treppe, gerade wie bei den Thieren, und andererseits darf man nicht ver-

gessen, dass es höchst schwierig sein dürfte, die Versuchsbedingungen bei Menschen und Thieren gleich zu machen, dass also bei aller sonstigen Uebereinstimmung im Charakter der periodischen Athmung, die Unterschiede nur in den verschiedenen Bedingungen, nicht im Wesen der Athmung ihren Grund finden dürften. So stimmt auch die Erfahrung, welche ich in Bezug auf die periodische Athmung bei Kaninchen gemacht habe, dass dieselbe nämlich nur zu Stande kommt, wenn mindestens ein Theil der höheren Hirnbahnen und deren Wirkung auf das Athemcentrum ausgefallen ist, mit vielen Beobachtungen sowohl an gesunden Menschen und Thieren, als an Kranken überein, bei denen periodische Athmung vorhanden war oder künstlich hervorgerufen wurde. Mosso hat die periodische, oder, wie er sie jetzt nennt, intermittirende Athmung und zwar häufig in der ganz charakteristischen Form der Cheyne-Stokes'schen im Schlafe gesunder Menschen, besonders bei Greisen und Kindern gefunden; ferner während des Chloralschlafes bei Hunden. Bei letzteren konnten weder Sauerstoffeinathmungen und künstliche Ventilation die Intermittenzen verändern, noch war Asphyxie von Einfluss auf dieselben. Filehne vermochte mittels grosser Gaben Morphin in frühen Stadien der Vergiftung bei Kaninchen und Hunden eine periodische Athmung herbeizuführen; ein Aehnliches beobachtete Langendorff nach Muscarin- und Digitalin-Vergiftung. Auch bei Winterschläfern ist durch eine ganze Reihe von Forschern (Luciani, Fano, Mosso, Langendorff u. s. w.) eine periodische Athmung nachgewiesen worden. Ferner sahen Luchsinger, dann Langendorff und Siebert, dass Frösche, wenn man ihnen die Blutzufuhr zum Gehirn abgeschnitten hatte, einen periodischen Athmungsrhythmus erhalten, bevor derselbe verlangsamt und unregelmässig wird und schliesslich ganz aufhört (also ganz analog den Befunden bei Abtrennung der Med. oblongata in verschiedener Höhe oberhalb des Athemcentrum und durch dasselbe). Wurde die Ligatur der Gefässe dann rechtzeitig gelöst, so begannen die Athmungen wieder mit Perioden, ehe sie regelmässig wurden. Desgleichen studirte Martius das Verhalten der „Salzfrösche“ genauer und fand, dass im ersten Stadium sich die Thiere wie entgrosshirnt verhalten und ruhig athmend dasitzen. Im zweiten Stadium tritt dann die Perio-

dicität der Athmung ein, während im dritten Stadium sich nur noch ganz vereinzelte und unregelmässige Athmungen finden, die oft durch periphere Reize reflectorisch angeregt sind. Dann stirbt das Thier schnell ab. Die Analogie dieser Beobachtungen mit den von mir bei Durchtrennungsversuchen gewonnenen wird noch vollkommener, wenn man die Versuche Sigmund Mayer's berücksichtigt, welcher nachwies, dass bei Ausführung des Kussmaul-Tenner'schen Versuches die oberen Hirntheile zuerst ausgeschaltet werden und zuletzt das Athemcentrum, während bei erneuter Blutzufuhr umgekehrt zuerst das Athemcentrum wieder funktionirte, dann erst die übrigen Hirntheile in aufsteigender Reihe. Dass die oberen Hirnbahnen nur partiell ausgeschaltet zu sein brauchen, bewies mir eine auf der Klinik des Prof. Lichtheim in Bern beobachtete Kranke, welche diejenige Modification der Cheyne-Stokes'schen Athmung darbot, die man bei Thieren beobachtet, nämlich das Fehlen der ansteigenden Treppe, während absteigende Treppe und Pause, wenn auch letztere kurz, so doch deutlich ausgeprägt waren. Patientin litt an einer Hemiplegie, wahrscheinlich in Folge eines durch Arteriosklerose bedingten Erweichungsherdes. Sie war vollkommen bei Bewusstsein und antwortete schnell und correct auf alle Fragen; sie empfand Schmerz sehr deutlich und war auch im Stande, willkürlich ihren Athemtypus zu ändern; wenn sie aber sich selbst überlassen blieb, trat die periodische Athmung sofort wieder auf, und zwar bewegte sich der Thorax beiderseits durchaus gleich. Es war also in diesem Falle einseitiger Ausfall der oberen Hirnbahnen genügend, die Cheyne-Stokes'sche Athmung zu unterhalten, so lange die Kranke nicht absichtlich davon abgebracht wurde, aber auch dann verschwand der periodische Typus nicht vollkommen. Auch dafür, dass die Erregbarkeit des Athemcentrum während der periodischen Athmung wenig leidet, finden sich viele experimentelle Belege. So konnten Langendorff und Siebert, bei der durch Abschneidung der Blutzufuhr zum Gehirne hervorgebrachten periodischen Respiration, durch Reflexe von der Haut aus, während der zwischen zwei Perioden gelegenen Pause eine ganze Gruppe von Athembewegungen auslösen. Ferner berichtet Valentin, der eine lange Reihe von Untersuchungen über die Athmung der Murmelthiere angestellt hat, dass

man während des tiefen Schlafes dieser Thiere, während die Athmung sehr langsam und unregelmässig ist, durch Kneifen der Pfoten oder des Schwanzes jedesmal einen tiefen Athemzug auslösen kann und ich kann dies aus eigener Erfahrung bestätigen. Auch die Erfahrungen von Luciani, Fano und Anderen an Kranken, welche das Cheyne-Stokes'sche Athmungsphänomen darboten, sprechen für die Erregbarkeit des Athemcentrum selbst, während der Athempausen. Es gelang diesen Forschern, durch Anrufen der Kranken die Athempausen zu durchbrechen, d. h. Athmungen während derselben auszulösen. Hat man aber bei Kaninchen durch Ausschaltung der höheren Hirnbahnen periodische Athmung erhalten und durchtrennt dann die Vagi am Halse, so verschwindet die periodische Athmung sofort, um unregelmässigen Athemkrämpfen Platz zu machen und es gelingt nicht mehr, wirkliche Respiration auf irgend eine Weise hervorzubringen. Diese Erfahrung hatte bereits Traube gemacht. Dagegen will Filehne auch nach Durchtrennung der Vagi noch periodische Athmung fortbestehen gesehen haben; seine Curven sind freilich nicht überzeugend und meine Beobachtungen sprechen durchaus dagegen. Dass das Athemcentrum auch nach Abtrennung der Nn. vagi vollkommen erregbar ist, werde ich näher besprechen, wenn von den Hautreflexen und von der Reizung der centralen Vagusstümpfe die Rede sein wird. Als zweite Bedingung für das Zustandekommen der periodischen Athmung scheint daher gefordert werden zu müssen, dass die peripheren Ausbreitungen der Nn. vagi noch in Verbindung mit dem Athemcentrum stehen. Ich habe mich absichtlich von jeder Theorie frei gehalten, welche die Art und Weise erklären könnte, wie der Rhythmus des Cheyne-Stokes'schen Athmungsphänomens zu Stande kommt. So lange man nicht einmal alle Bedingungen genau kennt, unter denen diese Form der Respiration eintritt, so lange sind alle Erklärungen, so geistreich sie auch erdacht, mehr als nutzlos. Es hat mir genügt, einige dieser Bedingungen festzustellen, welche, wie es scheint, nothwendig vorhanden sein müssen und ich habe mich gleichzeitig bemüht, aus meinen und anderer Forscher Versuchen zu zeigen, dass das Athemcentrum selbst dabei nicht die wesentliche Rolle spielt. Denn wenn die periodische Athmung, so exquisit sie auch vorher vorhanden war, mit Durch-

trennung der Vagi sofort aufhört und wenn gleichzeitig nachgewiesen wird, dass das Athmungscentrum sowohl während der Athemperioden als während der Athempausen durch gleich starke Reize gleich erregbar ist, so kann der Grund der Cheyne-Stokes'schen Athmung nicht, wie Luciani und Fano meinen, in der Erregbarkeitsschwankung des Centrum liegen, sondern muss ausserhalb des Centrum gesucht werden. Auch Traube forderte neben der Integrität der Vagi die veränderte Erregbarkeit des Centrum zum Zustandekommen der periodischen Athmung. Ich neige mich einer umgekehrten Auffassung zu. Während die Erregbarkeit des Centrums unverändert ist, wirken entweder vom Vagus aus oder von den oberen Hirnbahnen, sei es nicht mehr continuirliche oder vielleicht auch nur an Intensität wechselnde Erregungen auf das Centrum. Sind die oberen Hirnbahnen gänzlich ausgeschaltet (wie nach Abtrennung der Med. oblongata vom Gehirne), so ist die periodische Athmung allein an das Vorhandensein der Vagi geknüpft und erlischt mit deren Ausfall. Selbst darauf folgende beständige Reizung der centralen Vagusstümpfe am Halse mit intermittirenden Schlägen vermag zwar eine regelmässige, nie aber eine periodische Athmung wieder hervorzubringen. Doch wäre es ja denkbar, auch auf diesem Wege durch an- und abschwellende Reize oder mittels gehörig abgestufter rhythmischer Erregung periodische Athmung zu erzielen.

C. Automasie des Athemcentrums.

Nachdem ich die Folgen der verschiedenen Durchtrennungen der Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums und durch dasselbe in Beziehung auf die Athmung genau besprochen habe, entsteht die sehr wichtige Frage, ob das von allen centripetalen Nerven losgelöste Centrum noch Athembewegungen auszulösen im Stande ist, ob es automatisch thätig sein kann. Man hat dieses Problem früher nur unvollkommen zu lösen verstanden. Flourens durchtrennte Gehirn und Vagi und sah die Athmung, wenn auch mühsam, weiter bestehen. Volkmann entfernte bei einer jungen Katze (ebenso bei Hunden) ausser Gehirn und Vagi noch die Lungen mit Schonung der Zwerchfellnerven und sah das Athmen noch 40 Minuten fortbestehen. Als Rach dann behauptete, dass Durchtren-

nung der hinteren Nervenwurzeln des Halsmarkes mit oder ohne vorangegangene Vagotomie genügten, um die Athmung sofort zu sistiren, nahm Rosenthal die Durchschneidungsversuche wieder auf und suchte die Med. oblongata von allen centripetalen Nerven möglichst zu isoliren, indem er die hinteren Wurzeln der Med. spinal. cervicalis und das ganze Rückenmark in der Höhe des ersten Brustwirbels durchtrennte und indem er Vagi und die Med. oblongata in der Gegend der Vierhügel ausschaltete. Die Thiere athmeten trotzdem noch regelmässig, sagt Rosenthal, und zwar nach Durchtrennung der hinteren Wurzeln 14 Respirationen in 15 Secunden, nach Durchtrennung des Rückenmarks 22 Respirationen in 15 Secunden, nach Durchtrennung der Vagi 11, nach einer Viertelstunde nur 6 in 15 Secunden. Nach Abtrennung der Med. oblongata soll sich die Frequenz nicht geändert haben. Letztere Angabe zeigt, wie wir bald sehen werden, dass die Durchtrennung des verlängerten Markes zu hoch oder unvollkommen gewesen sein muss. Ich habe die Versuche Rosenthal's häufig wiederholt. Die Med. oblongata wurde dicht oberhalb des Athemcentrums quer durchtrennt, ebenso das Rückenmark in der Höhe des letzten Halswirbels, dann wurden Vagi und Laryngei sup., ferner Glossopharyngei abgebunden oder abgeschnitten. Die Thiere hatten dann keine regelmässige Athmung mehr, wie Rosenthal behauptete, dagegen aber inspiratorische und exspiratorische Athemkrämpfe mit gleichzeitiger Inanspruchnahme der Thoraxmuskulatur 1, 2 bis 3 in der Minute, ähnlich den Athemkrämpfen, wie sie nach Abtrennung der Med. oblongata und der Vagi allein eintreten, nur noch dyspnoischer. Die durch Kneifen der Vorderpfoten und der Halsgegend allein noch möglichen Reflexe lösten Inspirationen und Exspirationen aus, letztere freilich nur selten. Wurden dann noch die Armgeflechte durchtrennt, so dass die Med. oblongata nur mit den wenigen centripetalen Nerven in Verbindung stand, welche vom Halse her, und welche mit den N. phrenici in das Rückenmark einmündeten, und die nicht im Stande sind, den Ausfall der Vagi oder der oberen Hirnbahnen zu ersetzen, so blieben die Athemkrämpfe unverändert. Dass solche Thiere meist schon eine halbe Stunde nach der Operation zu Grunde gehen, ist nicht nur aus dem Charakter der Athemkrämpfe erklärlich,

sondern findet auch theilweise seinen Grund in dem Eingriffe der Abtrennung des Rückenmarkes, welchen Kaninchen sehr schlecht vertragen Ich komme somit zu dem Schlusse, dass das Athemcentrum im vierten Ventrikel automatisch thätig sein kann, diese Automasie sich aber nur in inspiratorischen und exspiratorischen Krämpfen äussert.

D. Directe Reizung der Medulla oblongata, Inspirations- und Expirationscentrum.

Behufs directer Reizung des verlängerten Markes oberhalb des Athemcentrums, wurden dicht unterhalb des Schnittes, welcher die Medulla in der Gegend der striae acusticae quer durchtrennte, zwei feine englische Nähnadeln benützt, welche isolirt durch einen Kork gesteckt und so eingesetzt wurden, dass die Spitzen fest in der Basis cranii ruhten, während der Kork zu beiden Seiten der Trepanöffnung am Hinterhaupte zu liegen kam. Mit bekannter Einrichtung wurde dann die Medulla sowohl mittels Einzelschlägen, als mit intermittirenden Strömen gereizt. Um Einzelreize wirksam zu machen, braucht man starke Ströme und zwar bei einem mit zwei Daniells bespannten grossen du Bois-Reymond'schen Schlitteninductorium Ströme von 500 bis 1000 E. Wurde dann während normaler Athmung gereizt, so erhielt man mit einzelnen Oeffnungsschlägen (Schliessungsschläge blieben ohne Wirkung) im Beginn der Inspiration eine Verlängerung der Inspiration. Auf der Höhe der Inspiration wurde öfter die Inspiration unterbrochen und eine Exspiration ausgelöst. Wurde während der Respirationspause gereizt, so trat sofort eine Inspiration ein. Zuweilen gelang es, auch zwischen die normalen Athmungscurven durch einen Oeffnungsinductionsschlag künstlich ausgelöste einzuschalten, welche den normalen ganz ähnlich waren. Im Allgemeinen trat also bei Reizung während der Exspiration eine Inspiration und während der Inspiration öfter eine Exspiration auf. Geschah die Reizung während periodischer Athmung, so löste ein Einzelschlag öfter eine einfache Respiration aus, welche an Tiefe und Dauer der normalen gleich war, und zwar sowohl am Ende der Periode, als auch während der Pause, so dass die Athmung für längere Zeit rhythmisch erhalten werden konnte (Fig. 20).

Wurde das Thier durch künstliche Respiration apnoisch gemacht, so vermochten während der Apnoe selbst stärkste Einzelreize keine Athemzüge auszulösen. In den Fällen, wo nach Durchtrennung der Med. oblongata mit Verletzung der alae cinereae die Athmung aussetzend und dyspnoisch war, vermochten Einzelreize nicht während der Pausen eine Respiration auszulösen, und nur wenn die Einzelreize im Intervall von einigen Secunden einwirkten, sah man nach einer längeren Reihe derselben die Athmungsperioden sich um überzählige Respirationen verlängern. Es ergab sich ferner eine Analogie mit den von Bowditch und Kronecker am elektrisch ge-

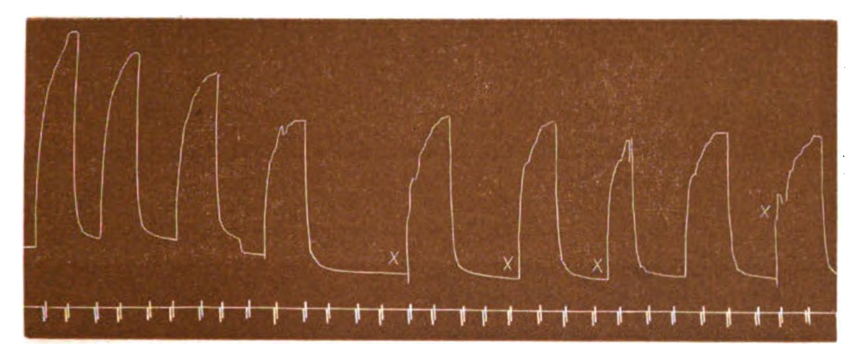


Fig. 20.
Directe Reizung der Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums mit einzelnen Inductionsschlägen (300 E. 1 D.) während einer Pause zwischen zwei Anfällen periodischer Athmung. Die x bezeichnen Reizmomente.

reizten Froschherz-Ventrikel beobachteten Veränderungen der Erregung. Die in Intervallen von einigen Secunden folgenden Reize gewannen an Effect, so dass zuvor eben hinreichende unter Umständen beträchtlich geschwächt werden durften, bevor sie völlig unwirksam wurden, dann aber wieder auf den früheren hohen Werth gebracht werden mussten, um Erfolg zu haben. Reizt man die Med. oblongata mit intermittirenden Reizen von $^1/_{12}$ bis $^1/_{20}$ Secunden Intervall entweder continuirlich oder rhythmisch, so gelingt es bei weit geringerer Intensität der Ströme (70 bis 200 E.) während normaler Athmung dieselbe zu beschleunigen, während periodischer Athmung die Perioden zu verlängern, indem die Zahl der Athemzüge einer Periode zunahm, als auch die Athmung ganz regelmässig zu gestalten, so dass die Pausen ganz wegfielen, und derart durch

rhythmische elektrische Reizung auf reflectorischem Wege künstliche Respiration zu unterhalten (Fig. 21). Hierbei nimmt das Zwerchfell meist einen erhöhten Tonus an, d. h. die Athmungen erfolgen bei mehr inspiratorischer Stellung des Diaphragma und die einzelnen Athemzüge werden niedriger. Ueberhaupt war die Neigung zu inspiratorischen Effecten vorherrschend, so dass zuweilen auf

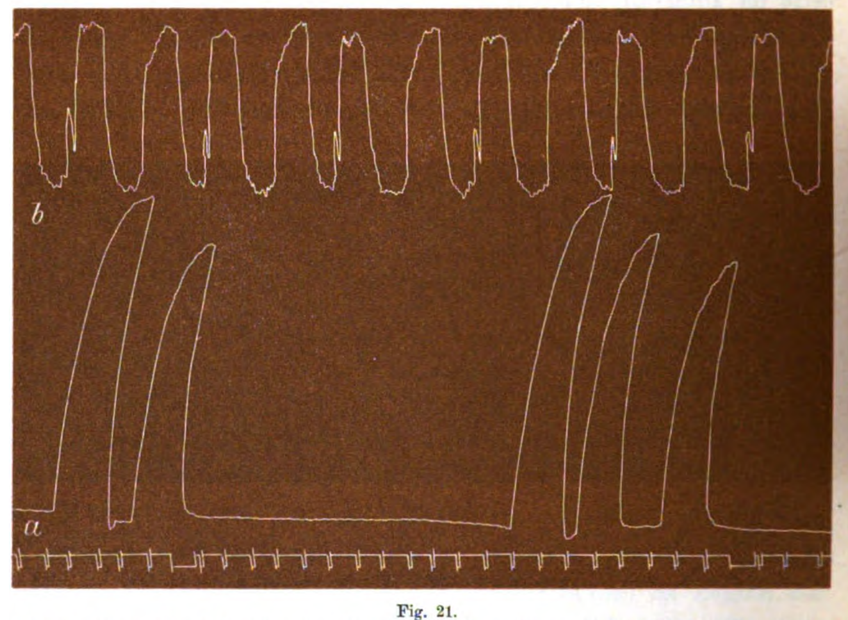


Fig. 21.
Directe Reizung der Med. oblongata während periodischer Athmung mit intermittirenden Strömen (1/12" Interv. 175 E.). *a* periodische Athmung, *b* Athmung während der Reizung.

eine Athmung eine zweite folgte, noch bevor das Zwerchfell Zeit hatte, in Ruhestellung überzugehen. Reizt man die Med. oblongata mit starken intermittirenden Strömen (600 bis 2000 E.) während längerer Zeit, so erhält man einen exquisiten Inspirationskrampf (Tetanus) des Zwerchfells, der sehr langsam abfällt und auf den zuweilen eine starke active Exspiration und dann ein zweiter Inspirationskrampf folgt. Während des Zwerchfellkrampfes treten dann öfter auch thoracale Athmungen auf und setzen sich als Zacken auf die Inspirationscurve. Hierbei kann man die Herzaction langsamer werden sehen und dann stillstehen. Zugleich treten Opisthotonus und klonische Krämpfe der Körpermuskeln auf. Einem solchen

Krampfe folgt dann, wenn der Reiz aufhört, zuweilen eine Reihe selbständiger, normal aussehender Respirationen, auch, wenn das Thier ursprünglich aussetzend oder sehr unvollkommen selbständig geathmet hatte. Während dieser Athmungen geht das Zwerchfell dann allmählich in die ursprüngliche Ruhelage zurück. Wurden nach gut abgetrennter Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums die Vagi am Halse durchtrennt, so dass Athemkrämpfe auftraten, und wurde dann das verlängerte Mark mit intermittirenden Schlägen rhythmisch oder continuirlich gereizt, so gelang es stets, die Athem-

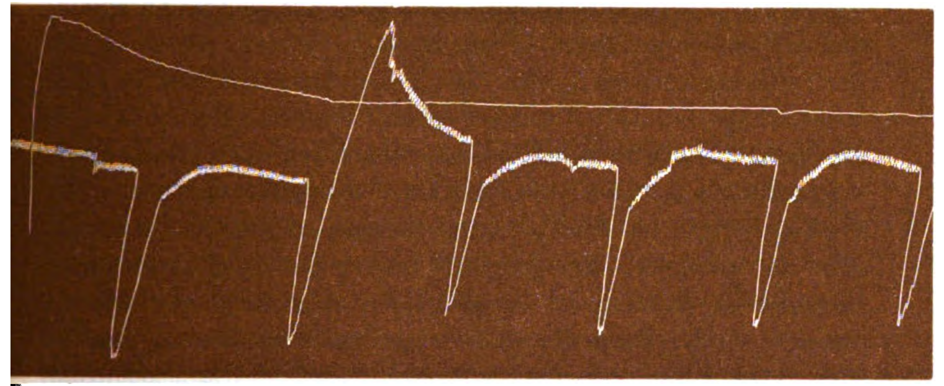


Fig. 22.
Zwerchfellathmungen des Kaninchens nach directer Erregung der Med. oblongata mittels rhythmisch elektrischer Reizung nachdem die Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums und die Vagi am Halse abgetrennt waren. Die elektrisch ausgelösten Athembewegungen sind in die Curve eines vorangegangenen Athemkrampfes eingezeichnet. (250 E. 1/20″ Interv. 1 D.)

krämpfe zu modificiren, besonders auf Kosten der Exspiration und statt derselben rhythmische Athmungen auszulösen, wobei es freilich auf elektrischem Wege nicht gelang, die Ahtmungen so frequent zu machen, wie vor Vagus-Durchtrennung. Die Athmungen wurden zwar ganz regelmässig und folgten einander ohne Pausen, dennoch blieben die Inspirationen krampfhaft, wenn auch bei weitem weniger als vor der Reizung. In Fig. 22 sind die durch directe rhythmische elektrische Reizung der Med. oblongata erhaltenen Athemzüge in einen vorangegangenen Athemkrampf hineingezeichnet, so dass man den Unterschied zwischen beiden gut übersehen kann. Sobald die Reizung unterbrochen wurde, traten dann desto längere Inspirationskrämpfe ein, gefolgt von kürzeren und längeren Pausen. Wenn auch im Grossen und Ganzen die directe Reizung der Med. oblongata

mehr inspiratorische Auslösungen gefördert hat, so sah ich doch öfter so deutliche und starke active Exspirationen auftreten, dass ich an dem Vorhandensein eines exspiratorischen Athemcentrums neben dem inspiratorischen nicht zweifeln darf. Das exspiratorische Athemcentrum ist aber nicht nur, wie aus dem Vorangegangenen erhellt, schwerer erregbar als das inspiratorische, sondern es wird auch nur ausnahmsweise wirksam und tritt bei der gewöhnlichen Athmung überhaupt nicht in Thätigkeit. Ebenso, wie bei den Kaninchen für gewöhnlich nur das Zwerchfell, und erst in aussergewöhnlichen Fällen, bei Athemhindernissen, die Thoraxmuskulatur und schliesslich die ganze Hilfsmuskulatur von dem Athemcentrum der Reihe nach innervirt wird, im gleichen Sinne tritt das Exspirationscentrum erst später und nur unter besonderen Bedingungen in Wirksamkeit, so z. B. bei einigen physiologischen und pathologischen Vorgängen, wie Niesen, Husten, beim Brechacte und ebenso bei gewissen Arten der Dyspnoe. Die normale rhythmische Athmung aber auf wechselnde Erregung des Inspirations- und Exspirationscentrums zu beziehen, ist schon deshalb unthunlich, weil die Exspiration in der Norm ein passiver Act ist. Ebenso wenig hat es Sinn, anzunehmen, dass die auf directe Reizung des Athemcentrums erhaltenen inspiratorischen und exspiratorischen Wirkungen ihren Grund darin finden, dass die elektrischen Schläge abwechselnd die Centren der Einathmung und Ausathmung zur Auslösung veranlassen. Das Wichtigste aber, was uns die directen Reizungen des Athemcentrums gelehrt haben, ist die Thatsache, dass das Centrum nur in derselben Weise elektrisch erregt werden kann, wie von den centripetalen Nerven aus, d. h., wir erregen nur den sensiblen Ganglientheil des Centrums mit unseren intermittirenden Strömen; den motorischen Ganglientheil im Centrum direct zu rhythmischer Thätigkeit zu erregen, gelingt ebenso wenig, wie es bei den Rückenmarksbahnen der Athmung möglich war, wo man keine Athmungen, sondern nur Athemkrämpfe erhielt. Fasse ich die in diesem Abschnitte gewonnenen Erfahrungen zusammen, so ergeben sich folgende Schlüsse: In der Med. oblongata liegen in inniger Verbindung mit den Vaguskernen die Centra für die Athmung: ein Inspirationscentrum und ein schwerer erregbares Exspirationscentrum. Die Centra sind so-

wohl automatisch thätig, als reflectorisch erregbar. Gegen die Existenz höher gelegener Athemcentra spricht besonders schwerwiegend die Kopfdyspnoe. Zum Zustandekommen der periodischen Athmung ist nöthig, dass mindestens ein Theil der oberen Hirnreflexe auf die Athmung ausgefallen ist, während die Vagi, wenn auch unvollkommen, noch functioniren. Während periodischer Athmung ist das Athemcentrum sowohl zur Zeit der Perioden als zur Zeit der Pausen vollkommen und durch gleich starke Reize erregbar.

IV. Die centripetalen Wege der Athmung, deren Function und normaler Tonus.

A. Athmungstheorien.

Um nur einen kurzen Abriss aller der verschiedenen auf diesem Gebiete veröffentlichten Abhandlungen und der aus denselben gefolgerten Schlüsse über die Auslösung der Athmung zu geben, könnte man nicht allein einen dicken Band schreiben, sondern man würde am Schlusse mit Schmerz bekennen müssen, dass die Resultate so widersprechend, die Theorien so verschieden sind, dass es Zeit und Mühe nicht gelohnt habe. Ich verweise deshalb auf das Literaturverzeichniss am Ende dieser Arbeit, wo der Leser die hauptsächlichsten Abhandlungen zusammengestellt finden wird.

Am frühesten wurden naturgemäss die Folgen der Durchtrennung beider Vagi am Halse studirt. Mit Petit und Haller begann eine lange Reihe von Gelehrten, welche diese Vorgänge studirten, und schon damals erhob sich die Streitfrage, weshalb die Thiere nach Durchschneidung der Vagi bald nach kürzerer, bald nach längerer Zeit zu Grunde gingen, bis Traube in seinen klassischen Untersuchungen „von den Ursachen der Veränderungen, welche die Lungen nach Durchschneidung der Vagi erleiden“, den Nachweis führte, dass nicht die directe Einwirkung der Vagi auf das Athemcentrum, sondern secundäre Veränderungen in den Lungen den Tod herbeiführen und hiermit zeigte, dass nicht, wie Dupuis und Burdach meinten, die Lähmung der Lungen die Ursache des Todes sei, indem die Störung der Umwandlung des venösen Blutes in arterielles, die chemische Seite des Athemprocesses vernichte,

noch Brachet Recht habe, dass nach Durchtrennung der Vagi das Athembedürfniss aufhöre, wogegen schon Volkmann aufgetreten war. Freilich ist auch diese Lehre Traube's, so überzeugend sie dargestellt ist, nicht ohne Gegner geblieben, so meinte z. B. Eichhorst, dass bei Vögeln und unter gewissen Bedingungen auch bei Säugethieren der Tod nicht durch Vaguspneumonie, sondern durch Herzparalyse eintrete. Nach den Durchtrennungen versuchte man die Reizungen der Vagi mechanisch und vermittelst der Elektricität. Zuerst scheint es Krimer (1820) gewesen zu sein, der den Einfluss des Galvanismus auf die centralen Stümpfe der durchschnittenen Vagi prüfte und fand, „dass das Athmen dadurch freier würde". Dann kam Marshall-Hall und zeigte, dass durch Reizung der Vagi am Halse eines Esels mit einer Pincette eine Inspiration hervorgerufen wurde, dem stets eine Art des Niederschluckens folgte. Es folgten Budge und besonders Traube und weiter eine ganze Reihe von Forschern, deren Namen und Verdienste in Rosenthal's berühmter Arbeit gewürdigt sind. Dass gleichzeitig an die mit Durchschneidung und Reizung der Vagi gemachten Erfahrungen Theorien der Athmungsauslösung geknüpft wurden, lag auf der Hand. Wenn Haller lehrte, „dass das Bestreben, der Seele das Leben zu erhalten, die wechselnden Bewegungen der Ein- und Ausathmung bedingen"; wenn Whytt die Ursache des Athmens in einer instinktartigen Wirkung des Nervensystems, Buffon im Reize der eingeathmeten Luft suchte, wenn Darwin nur in dem Andrange des Blutes zu den Lungen, Borelli und Manzini die Deutung des Rhythmus beim Athmen in einem Antagonismus zwischen oberen und unteren Lungenzellen finden, so ist dies historisch interessant und kennzeichnet den jeweiligen Stand der Wissenschaft. Ebenso, wenn Martin und Boerhave meinen, der erstere: dass der N. phrenicus durch die ausgedehnten Lungen beim Einathmen zusammengedrückt und unwirksam gemacht werde, das Zwerchfell also erschlaffe; der andere, dass beim Einathmen kein Blut aus den Lungen in das Aortensystem fliesst und das Gehirn aus Mangel an Blut seine Wirksamkeit auf die Einathmungsmuskeln aufgebe; oder wenn Roose in seinen anthropologischen Briefen 1803 die Ansicht aufstellte, dass das beim Ausathmen mit mehr Blut gefüllte und dadurch gereizte Hirn die

Muskeln zur Einathmung erregte, und da es während der Einathmung weniger Blut empfängt, auch die Wirkung auf diese Muskeln aufhört und Ausathmung erfolgt. Noch im Jahre 1814 schreibt Bartels, dass beim Einathmen das Gehirn mehr arterielles Blut empfängt und dadurch gereizt die Vagi erregt, so dass die Ausathmungsbewegung der Lungen eintritt, dass dann hierdurch wieder das Gehirn von dem sich ansammelnden venösen Blute ausser Thätigkeit gesetzt und für den Augenblick gelähmt wird, wo dann das Rückenmark erst frei wirke und die Einathmungsbewegungen hervorrufen kann. Aber schon im Jahre 1823 lehrt Rolando: das venöse Blut in den Lungen verursacht eine Reizung im Vagus, als einem Empfindungsnerven, die sich auf das verlängerte Mark fortpflanzt, von welchem nun die Brustmuskeln zur Einathmungsbewegung bestimmt werden. Dann kam Johannes Müller zu der Ueberzeugung, es sei das arterielle Blut, welches das verlängerte Mark zu Entladungen in den Athmungsnerven erregt, während Arnold annimmt, dass das Gefühl des Athembedürfnisses, welches von Einwirkung der zum Athmen untauglichen Luft auf die Schleimhaut und von Ansammlung des Blutes in den Lungengefässen abhängt, durch den Vagus auf das Gehirn fortgepflanzt werde — also schon damals hie Sauerstoff, hie Kohlensäure. Die Respiration, sagt Marshall-Hall, ist eine gemischte Thätigkeit und zum Theil von der Thätigkeit des Gehirns oder vom Willen abhängig.

Die theilweise Abhängigkeit von der excito-motorischen Kraft zeigt sich nach Theilung der Vagi. Aber weder das Gehirn, noch die pneumogastrischen Nerven sind nöthig für die Acte der Respiration, da diese fortbestehen, wenn eines dieser Organe entfernt wird. Mit der Entfernung beider hören die Inspirationen auf. Einathmung kann in der That ein Act des Willens sein, wenn die Vagi durchschnitten werden, oder sie kann ein reflectorischer Act sein, erregt durch das Mittel der pneumogastrischen Nerven, wenn das Gehirn entfernt ist. Hieraus erhellt, dass das verlängerte Mark nicht das primum mobile der Respiration ist, sondern dass es der Vagus als ein Erreger der Athmung ist, dass er wesentlich und nothwendig ist, wenn die Willensthätigkeit mit ihren Organen entfernt ist. Die Acte der Inspiration sind also Acte des excito-motorischen oder eigentlichen Rückenmarkssystems.

Gewöhnliche Inspiration wird durch das Mittel der pneumogastrischen Nerven erregt, aber durch den Willen geregelt und beaufsichtigt. Der pneumogastrische Nerv ist nicht der einzige excitorische Nerv der Inspiration. Inspiration wird ebensowohl durch das fünfte Paar, wie durch die Spinalnerven erregt (Bespritzen des Gesichts mit kaltem Wasser, Steigen in ein kaltes Bad, erste Athmung eines Neugeborenen, sowie die ersten Acte der Austreibung des Kothes und Urins bei denselben). Mehrere Thatsachen bestätigen die Idee, dass die Kohlensäure in den Luftzellen der Lungen und in Berührung mit den Fäserchen der pneumogastrischen Nerven die erregende Ursache der Inspiration ist. Die Acte der Inspiration sind, wie gesagt, erregte Acte und werden durch verschiedene excitorische Nerven erregt: 1. durch den trifacialis, 2. pneumogastricus, 3. durch die Spinalnerven. Das verlängerte Mark muss als das Organ angesehen werden, welches die verschiedenen Muskeln in ein System vereinigt und die verschiedenen Nerven, welche in dem Athmungssystem von Charles Bell begriffen sind, sind die eigentlichen Bewegungsnerven der Respiration. Dies schrieb Marshall-Hall schon vor 1839. Haben wir seitdem so viel Neues gelernt? Hieran schliessen sich A. W. Volkmann's zahlreiche Untersuchungen, die ihn zu folgenden Schlüssen führten (1841): Die sensiblen Nervenfasern leiten von sämmtlichen Organen des Körpers Eindrücke nach dem verlängerten Marke. Die Lungen, resp. die Lungennerven haben keinen grösseren Einfluss auf das Zustandekommen der Athembewegungen, als die Nerven aller anderen Organe überhaupt. Reizmittel ist die Kohlensäure, aber nicht die in den Luftwegen, sondern die des Blutes; der Ort der Erregung ist jeder Theil des Körpers, reizender Nerv ist jeder Nerv mit contripetaler Leitung, der bis zur Med. oblongata wirkt, nicht nur der Vagus. Die Athembewegung ist das Resultat des Athembedürfnisses des ganzen Körpers, d. h. die Energie, mit welcher der parenchymatöse Gaswechsel überall vor sich geht. Die centripetalen Nervenfasern erregen durch Vermittlung des verlängerten Markes die die Athemmuskeln versorgenden Nerven an. Die Organe befinden sich in einem Minimum von Athemnoth, wodurch eben die Athembewegungen, ohne Concurrenz des Willens und Be-

wusstseins, veranlasst werden. Ist die Respirationsbewegung etwas länger sistirt, so stellt sich das eigenthümliche Gefühl der Dyspnoe ein, das seinen Sitz in den Lungen hat und unstreitig durch den Vagus vermittelt wird und Folge des gehinderten Gaswechsels in der Substanz der Nerven selbst ist, wegen des starken Kohlensäuregehaltes der in den Lungen enthaltenen Luft u. s. w. Im Grossen und Ganzen ist demnach der Unterschied zwischen der Auffassung Marshall-Hall's und Volkmann's kein allzu grosser. Beide nehmen die Kohlensäure als Reiz an, welche die centripetalen Nerven erregt, die ihrerseits reflectorisch Athembewegungen auslösen (wenn auch nicht reflectorisch im heutigen Sinne), nur dass Marshall-Hall vornehmlich die Kohlensäure in den Lungen und den N. vagus dafür verantwortlich macht, während Volkmann das Gesetz auf alle centripetalen Bahnen ausdehnt. Beiden gegenüber steht Valentin (1848), welcher meinte, dass die Athmung nicht ursprünglich von den Lungen ausginge und auf dem Wege des Reflexes bedingt wäre. Ihre Thätigkeit rühre demnach nicht von dem Reize her, den die eingeathmete Luft auf die Lungenschleimhaut oder die Nervenenden des Vagus ausübe. Die Ursache läge im verlängerten Marke selber. Der Mangel hellrothen Blutes oder eine zu geringe passende Blutmenge ändere zuerst die Natur der Athembewegungen und hebe sie später gänzlich auf. Spiele aber das verlängerte Mark nicht mehr von selbst, so sei ein passender Reiz im Stande, dessen Einfluss von Neuem, wenigstens für einen Augenblick hervortreten zu lassen. Jedenfalls hätten Volkmann und Vierordt Unrecht, wenn sie annähmen, dass der Einfluss des dunkelrothen Blutes von überall her durch die Nerven auf das verlängerte Mark erregend wirke. Es geschähe dies nur, wenn jener Theil des Centralnervensystems unmittelbar solchen unregelmässigen Verhältnissen unterworfen würde, dass die Erstickung von dieser Art von Einwirkung und nicht von dem Antriebe peripherischer Nerven ausginge. Valentin meint demnach, dass nicht die Kohlensäure, sondern der Sauerstoffmangel im Blute erregende Ursache der Athmung sei und letzterer direct die Med. oblongata zur Thätigkeit antreibe, eine Ansicht, welche wir später von Rosenthal vertreten sehen. L. Traube, der nun folgte, neigte sich wiederum

mehr den Anschauungen Marshall-Hall's und Volkmann's zu, indem er ausführte, dass die dyspnoischen Erscheinungen bei Säugethieren nicht von verminderter Zufuhr von Sauerstoff, sondern von der verminderten Ausfuhr der im Körper fortdauernd sich bildenden Kohlensäure abhingen, dass das Agens, welches durch mittelbare oder unmittelbare Erregung des in der Med. oblongata befindlichen Respirationsnervencentrums die Inspiration und Exspiration hervorruft, die Kohlensäure ist; dass die dyspnoischen Erscheinungen, welche durch die im Körper sich anhäufende Kohlensäure hervorgerufen werden, um so energischer ausfallen, je grösser der gleichzeitige Gehalt des Blutes an Sauerstoff ist. Bei Traube ist es also wiederum die Anhäufung der Kohlensäure, welche zur erregenden Ursache der Athmung wird und er lässt es ungewiss, ob durch dieselbe die Med. oblongata direct oder indirect zur Athemauslösung angetrieben wird. Im Jahre 1862 erschien J. Rosenthal's oben genanntes Werk, in welchem er in Bezug auf die Theorie der Athmung nachzuweisen sucht, dass, wie schon Valentin behauptet hatte, die Einwirkung des Blutes auf die Med. oblongata eine unmittelbare und die Anschauung Volkmann's in ihrer Allgemeinheit falsch sei. Es schiene undenkbar, dass der Gasgehalt des Blutes primär durch Vagustrennung geändert werden könnte, oder wenn selbst solche Annahme als zulässig erachtet werden sollte, dieser veränderte Gasgehalt in so ganz anderer Weise als sonst in Fällen von Athemhindernissen auf das respiratorische Nervencentrum einwirken sollte (nämlich durch Verminderung der Respirationsfrequenz). Die Vagi haben zunächst und unmittelbar, sagt Rosenthal, mit dem Grade der Thätigkeit, welche die Med. oblongata ausübt, nichts zu thun. Dieser Grad scheint vielmehr nur bestimmt zu werden vom Sauerstoffgehalt des Blutes; die Vagi sind vielmehr nur mit dem die Rhythmik bedingenden Mechanismus verknüpft. Als Hauptbeweise für die Erregung des Athemcentrums durch Sauerstoffmangel sieht Rosenthal die bei der Apnoe gemachten Erfahrungen an. Die Athembewegungen werden durch den Reiz des Blutes auf das respiratorische Centralorgan erregt. Der Uebergang dieser Erregungen auf die betreffenden Nerven und Muskeln findet einen Widerstand, durch welchen

die stetige Erregung in eine rhythmische Action umgesetzt wird. Dieser Widerstand wird vermindert durch die Einwirkung des N. vagus, vermehrt durch die des N. laryngeus super. Der Grad der Thätigkeit des Centralorgans ist abhängig vom Sauerstoffgehalte des Blutes, die Vertheilung dieser Thätigkeit auf einzelne Respirationen von der Wirkung jener Nerven. Die Athembewegungen sind nicht in dem Sinne als automatisch zu bezeichnen, dass die Ganglien des noeud vital schon an sich, vermöge eines ihnen immanenten Mechanismus thätig sein müssen; im Gegentheil, diese Ganglien empfangen erst vom Blute aus die Anregung zu ihrer Thätigkeit. Diese Lehre Rosenthal's, welche er noch in einer grösseren Reihe von Schriften weiter vertheidigte und ausführte, hat viele Gegner gefunden, wie wir später etwas näher besprechen müssen, wenn von den Nn. vagi speciell die Rede sein wird. Die Frage, ob Sauerstoffmangel oder Kohlensäureüberschuss die erregende Ursache der Athembewegungen sei, hat fortan die Wissenschaft oft beschäftigt und ist von Pflüger und Dohmen schliesslich dahin entschieden worden, dass beides wirksam sein könne und Bernstein, als letzter in dieser Reihe, präcisirt den Unterschied in der Wirkung beider Gase dahin, dass das sauerstoffarme Blut vorzugsweise zu Inspirationen, das kohlensäurereiche Blut dagegen zu Exspirationen anrege, und ist der Meinung, dass die Reaction des Athemcentrums gegen Sauerstoffmangel im Blute eine Regulirung zweckmässiger Natur sei, welche die Aufgabe erfüllt, dem Blute Sauerstoff in genügender Quantität zuzuführen. Die Abscheidung der Kohlensäure sei aber für den Organismus nicht minder wichtig, insofern eine Anhäufung derselben dem Leben schädlich ist, und so sei auch die Wirkung der Kohlensäure auf das Exspirationscentrum, womit gleichzeitig eine beträchtliche Quantität Kohlensäure aus den Lungen entfernt werde, eine Regulirung zweckmässigster Art. Leider ist diese so bequeme Theorie Bernstein's nicht richtig, wie Gad in jüngster Zeit nachgewiesen hat.

Die Betrachtung der Rhythmik der Athembewegungen und die Erfahrungen, dass die Ausathmung bei Hindernissen der Respiration unter Zusammenziehung besonderer Muskelgruppen statthabe, sowie die Beobachtungen, dass bei Reizungen gewisser Nerven Exspirations-

bewegungen bis zum Stillstande der Athmung eintraten, führten frühzeitig auf die Annahme zweier antagonistisch wirkender Centra für die Athmung: eines Inspirations- und eines Exspirationscentrums. Budge scheint der Erste gewesen zu sein, der zwei Centren unterschied und zwar: 1. ein Vaguscentrum für die Exspirationbewegung (da er vom Vagus aus exspiratorische Effecte erhielt) und 2. ein Inspirationscentrum: den noeud vital von Flourens. Ihm folgten dann bald andere, wie Hering und Breuer, Lockenberg, in neuerer Zeit Kronecker und ich, Langendorff, Christiani und Andere.

Gegenüber der chemischen Theorie, wonach das Blut die directe oder indirecte Ursache der Athemauslösung sei, machte sich andererseits, ebenfalls auf Experimente gestützt, eine mehr mechanische und rein nervöse Auffassung des Athmungsvorganges geltend, als deren Hauptvertreter nach Schiff, v. Wittich und Anderen, besonders Hering und Breuer zu betrachten sind, welche bei ihren Experimenten fanden, dass Aufblasen der Lunge bei erhaltenen Vagis die Inspiration erschwere und die Exspiration begünstige, während Aussaugen der Lunge umgekehrt, die Inspiration begünstige und die Exspiration erschwere, und hieraus folgerten, dass Inspiration der Lunge die Exspiration, und dass Exspiration der Lunge die Inspiration hervorrufe: diese Selbstregulirung der Lunge demnach den Grund rhythmischer Athembewegungen abgebe. Die Hering-Breuer'sche Theorie, auf deren Kritisirung ich an späterer Stelle eingehen will, hat viele Gegner und viele Freunde gefunden und eine Reihe von Arbeiten wie Lockenberg's, Guttmann's und auch Gad's bestätigen die Resultate der Hering-Breuer'schen Experimente. In jüngster Zeit hat dann noch Gad eine eigenartige Athmungstheorie aufgestellt, basirend auf der Ansicht, dass der N. vagus hauptsächlich ein Hemmungsnerv für die Athmung sei. Hemmungsnerven wirkten, meint Gad, „begünstigend auf den normalen Ablauf der nutritiven Processe, während die in den Ganglien sich abspielenden Processe die Form functioneller Thätigkeit nur dann annähmen, wenn der normale Ablauf der nutritiven Processe eine Störung erlitten hätte. Die rhythmischen Auslösungen der Centralorgane erklärten sich dann weiter, wenn man annähme, dass die

Bedingungen für Störungen des normalen Verlaufs der nutritiven Processe im Allgemeinen einen anderen zeitlichen Verlauf haben würde, als die Entfernung dieser Bedingungen. Die inspirationshemmenden Vagusfasern geriethen erst durch die Inspiration in Erregung, sie besässen also keinen Tonus. Diese periodische Erregung unterbräche die sich entwickelnde Störung des normalen Ablaufs der nutritiven Processe im Centrum, erlösche aber selbst um so schneller, je schneller dies Resultat erreicht wäre.“ Christiani ist der Ansicht, dass dem ganzen Athmungsvorgange in regelmässigen Perioden erfolgende, nicht reflectorische Erregungen des Athemcentrums zu Grunde liegen. Anregungen zur Inspiration treten auf drei centripetalen Wegen an die das allgemeine Athemcentrum bildenden Complexe von Ganglienkugeln, nämlich 1. durch die Sinnesthore: Auge und Ohr, 2. durch die Sinnesnerven der Haut, 3. durch gewisse Vagusfasern, während Hemmung und active Exspiration durch die übrigen Vagusfasern: durch den Trigeminus und durch die pathischen Fasern der anderen sensiblen Nerven gesetzt wird. Leider sagt uns Christiani nicht, woher die in Perioden erfolgenden nicht reflectorischen Erregungen des Athemcentrums kommen. Also auch bei den mechanischen Theorien die beiden Auffassungen: der directen und der indirecten (reflectorischen) Erregung des Athemcentrums. Fassen wir zusammen, so theilen sich die Anschauungen der Forscher in zwei grosse Gruppen. Die eine huldigt der chemischen Theorie und betrachtet den Blutreiz als den Erreger der Athmung, und zwar ein Theil den Sauerstoffmangel, ein anderer den Kohlensäureüberschuss, ein dritter Theil beide Factoren gemeinsam. Die zweite Gruppe macht mechanische oder rein nervöse Einrichtungen verantwortlich für die Erregung und Auslösung der Athembewegungen. Bei beiden Gruppen finden sich Vertheidiger der directen und der indirecten Erregung des Athemcentrums.

B. Ausschaltung der verschiedenen auf das Athemcentrum wirkenden centripetalen Nervenbahnen.

Dass eine ganze Reihe centripetaler Nerven auf das Athemcentrum wirken und die Athembewegungen zu verändern im Stande sind, ist allerseits anerkannt. Es gilt nun vor allen Dingen zu

prüfen, welches die Aufgabe dieser Nerven bei der normalen Athmung ist, ob sie für die Auslösung der Athembewegungen stets thätig und nothwendig sind, oder ob sie nur ausnahmsweise und hilfsweise in Action treten. Theilt man alle die bei der Athmung in Frage kommenden centripetalen Nerven in einzelne Gruppen, so kann man unterscheiden: 1. Die oberen Bahnen, d. h. die höheren Sinnesnerven, den Trigeminus und diejenigen sensiblen Nerven, welche von oben, vom Gehirne her mit dem Athemcentrum in Verbindung treten. 2. Jene centripetalen Nerven, welche direct in das verlängerte Mark eintreten und mit dem Athemcentrum communiciren: Den N. vagus und den Glossopharyngeus. 3. Die unteren Bahnen, d. h. vorzugsweise alle sensiblen Nerven, welche durch das Rückenmark auf die Med. oblongata wirken und den N. splanchnicus. — Was geschieht nun, wenn wir diese einzelnen Bahnen ausschalten?

a) Ausschaltung der Nn. vagi und glossopharyngei nach Abtrennung der Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums.

Wir haben im vorigen Abschnitte gesehen, dass wenn man die oberen Bahnen abtrennt: durch einen Schnitt, welcher die Med. oblongata unterhalb der striae medullares quer durchschneidet, die Athmung der normalen gleich bleibt. Schneidet man dann beide Vagi am Halse durch, oder unterbindet sie, oder kühlt sie (Gad) plötzlich bedeutend ab, so ändert sich die Athmung mit einem Schlage in sehr auffallender Weise. Das Zwerchfell geht unmittelbar nach Ausschaltung der Vagi allmählich, nicht plötzlich, wie wenn eine Hemmung fortgefallen wäre, in einen langen Inspirationskrampf über, und zwar jedesmal von der Phase aus, in welcher die Athmung sich befand, als die Ausschaltung zur Wirkung kam, sowohl während der Inspiration, als während der Exspiration. Dabei geht das Zwerchfell in diesem Krampfe über die gewöhnliche Inspirationshöhe zuweilen sehr bedeutend hinaus, fällt dann plötzlich in Exspirationsstellung zurück, häufig passiv, öfter aber auch von einer bedeutenden Zusammenziehung der Bauchmuskulatur unterstützt, namentlich dann, wenn der vorangegangene Krampf sehr stark und lang gewesen war, um sofort ohne Pause, einem zweiten, etwas kürzeren Inspirationskrampfe Platz zu machen; zuweilen ist auch umgekehrt, der erste Krampf der kürzere, der zweite der längere.

Dann wechseln lange und kurze Inspirationskrämpfe mit kurzen passiven oder activen Exspirationen ab. Während Anfangs gar keine Athempausen vorhanden waren, treten allmählich solche von kürzerer oder längerer Dauer ein. Ich habe häufig Inspirationskrämpfe von 1,75 Minuten Dauer und darüber beobachtet; bei denselben kann das Thier so dyspnoisch werden, dass während der Zwerchfellcontractionen thoracale Athmung eintritt. Diese thoracalen Athmungen markiren sich auf der Zwerchfellcurve als kleine oder grössere

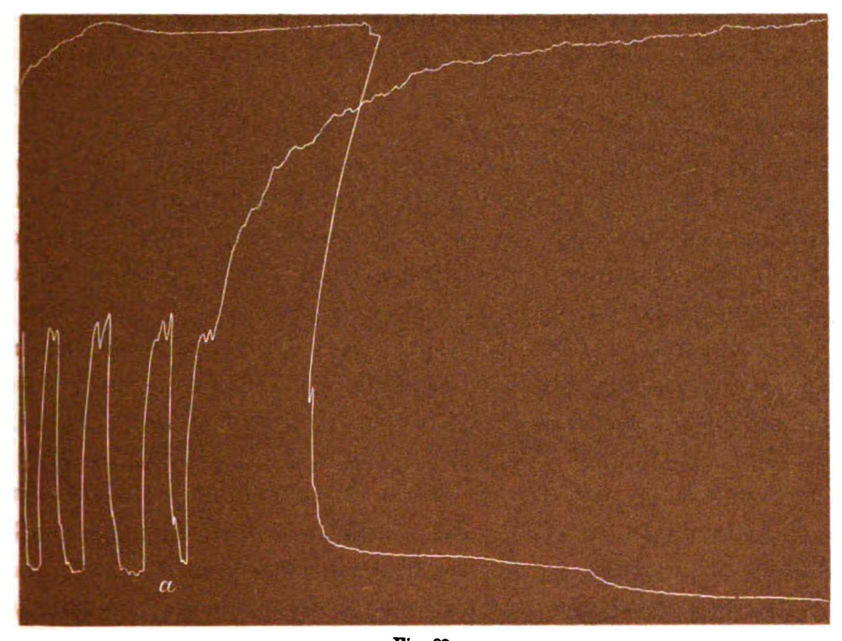


Fig. 23.
Zwerchfellkrampf nach Abtrennung der Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums und Abkühlung der Vagi am Halse. Bei *a* Abkühlung mit 5° C. Dauer des Zwerchfellkrampfes (von dem hier nur Anfang und Ende sichtbar) 1,75 Minuten.

rundliche Erhebungen im Verlaufe der Inspirationslinie. Indem nämlich der Thorax sich erweitert, werden die Rippenansätze des Zwerchfells noch weiter gedehnt und tritt letzteres daher noch tiefer hinab, im inspiratorischen Sinne. Die Athempausen, Anfangs kurz, wachsen dann mit der Zeit auf Kosten der Inspiration und es treten zu Beginn jeder Ein- und Ausathmung schliesslich Brustathmungen hinzu. Endlich geht das Thier, wenn nicht bald und zeitweise künstliche Respiration eingeleitet wird, nach kurzer Zeit zu Grunde (2 bis

3 Stunden nach der Operation). Fig. 23 zeigt den Beginn und das Ende eines Athemkrampfes, nachdem die Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums quer durchtrennt und die Nn. vagi am Halse abgekühlt waren. Die Dauer des Krampfes betrug 1,75 Minuten. Auf der unteren Curve von Taf. 1 sieht man ähnliche Athemkrämpfe nach Abtrennung der Vagi am Halse; zugleich markiren sich die Thoraxathmungen auf der Inspirationslinie. War der Schnitt durch die Med. oblongata so tief gefallen, dass schon vor Durchtrennung der Vagi periodische Athmung bestand, so änderte die nachträgliche Ausschaltung der Vagi den Athemtypus in ganz gleicher Weise wie vorher: die Perioden schwanden sofort und es traten die charakteristischen Athemkrämpfe auf. War die Athmung vor Durchtrennung der Vagi bereits aussetzend (also bei Verletzung der Vaguskerne), so traten nach Vagusdurchtrennung sehr lange Pausen auf und hiernach entweder eine, oder kurz aufeinander zwei schnelle und tiefe krampfhafte Respirationen mit meist activer Exspiration, wenn nicht sofort der Tod erfolgte.

Die Abtrennung der Glossopharyngei ändert die Athmung in keiner Weise, weder vor noch nach Vagusausschaltung, sei es, dass die Med. oblongata intact geblieben oder abgetrennt war.

b) Ausschaltung der Vagi bei einem Murmelthiere während des Winterschlafes, nebst einigen sich anknüpfenden Beobachtungen.

Da wir jetzt in der höchst charakteristischen Athmung nach Vagusdurchtrennung ein sicheres Mittel kennen gelernt haben, um zu entscheiden, ob die oberen Hirnbahnenreflexe auf die Athmung fortbestehen oder nicht, lag es nahe zu prüfen, ob z. B. im Schlafe jener Einfluss der oberen Bahnen weiter wirkt oder ausgefallen ist und ob alle Narcotica oder welche im Stande sind, die Athmungsreflexe vom Gehirne her auszuschalten. Einzelne hierhergehörige Beobachtungen habe ich bereits im vorigen Abschnitte mitgetheilt: z. B. die periodische Athmung, welche Mosso bei schlafenden Kindern und Greisen sah, welche andere Forscher ferner während des Winterschlafes verschiedener Thiere beschrieben haben und die periodische Athmung, welche einige Gifte, wie Chloral, Morphin, Digitalin und Muscarin hervorriefen. Dass es Narcotica gibt, welche bei tiefem Schlafe der Thiere zugleich eine starke Beschleunigung der Respi-

ration und eine Erregung des Athemcentrums hervorrufen, hat schon Traube beim Opium in sehr grossen Dosen an Hunden und desgleichen Schmiedeberg beim Urethan gesehen. Dass aber auch im Schlafe der Winterschläfer, welcher so tief sein kann, dass die Thiere ohne zu erwachen operirt und getödtet werden können, der Einfluss der oberen Bahnen auf die Athmung durchaus nicht immer weggefallen ist, habe ich beim Murmelthiere beobachten können. Ich erhielt diesen Winter ein Murmelthier. Leider konnte ich nur ein Exemplar erlangen, da diese Thiere nur im Herbst gefangen werden. Als dasselbe von der Reise ankam, schlief es nicht fest, sondern machte

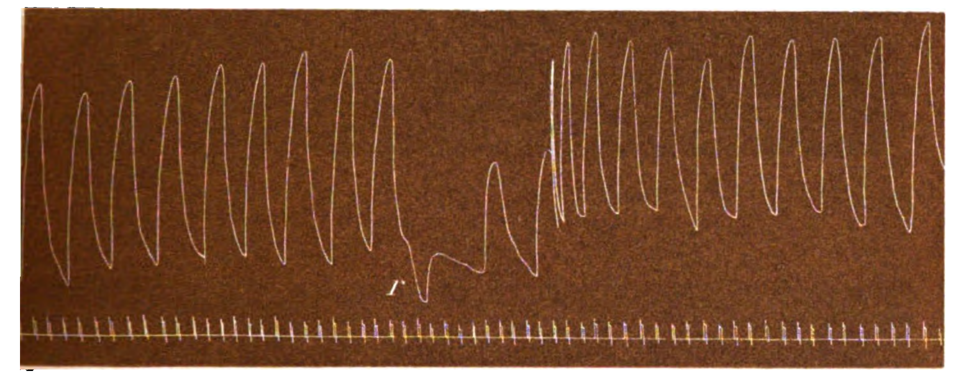


Fig. 24.
Zwerchfellathmung eines jungen Murmelthiers während leichten Winterschlafes. Bei r Hautreiz.

einzelne, wenn auch nur schwache Bewegungen des Kopfes und bewegte leise die Pfoten, während es lose aufgebunden und der Zwerchfellhebel eingeführt wurde. Die Athmung war ziemlich frequent und ganz regelmässig (Fig 24) 16 Athmungen in einer Minute. Hautreflexe waren vorhanden und lösten jedesmal eine Exspirationsbewegung aus. Der Hebel wurde dann entfernt, die Wunde vernäht und das Thier in den Keller gebracht. Nach einigen Wochen schlief es ganz fest und wachte nicht auf als die Tracheotomie gemacht, die Vagi frei präparirt und auf Fäden gelegt wurden. Hierbei wurde das Thier nicht aufgebunden. Die Athmung wurde diesmal mittels einer Luftkapsel registrirt, die durch ein Seitenrohr mit der Trachea in Verbindung stand. Die Athmungsöffnung der Trachea konnte durch einen Quetschhahn nach Bedürfniss verengt werden und hierdurch die Grösse der Luftkapselausschläge nach Wunsch

geregelt werden. Die Athmung war sehr langsam, nicht periodisch, sondern ganz regelmässig 1—1½ in einer Minute, mit activer Exspiration, welche sich der gewöhnlichen Ausathmung direct anschloss und aus

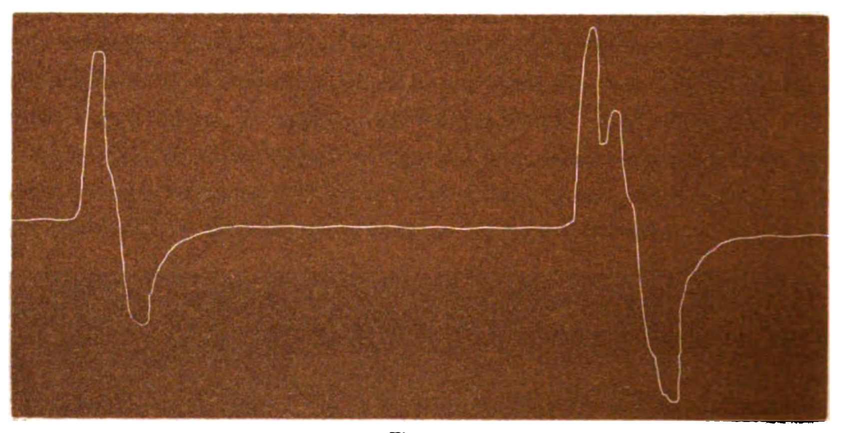


Fig. 25.
Athmung eines Murmelthiers im tiefen Winterschlafe mittels Luftkapsel von einem Seitenende der Trachealcanüle aus aufgeschrieben.

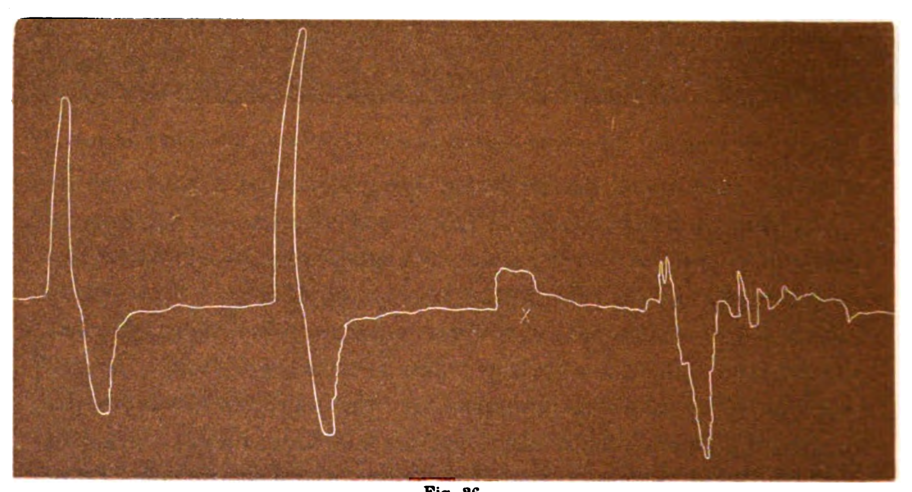


Fig. 26.
Athmung eines tiefschlafenden Murmelthiers während und nach Durchtrennung der Vagi. Bei x Abbinden des zweiten Vagus.

welcher der Brustkasten in die Ruhestellung zu längerer Athempause überging. (Fig. 25.) Während nun der rechte Vagus abgebunden wurde, machte das Thier ohne vorangehende Inspiration

eine tiefe active Exspirationsbewegung, um nach der Abbindung in einer längeren Athempause zu verharren. (Fig. 26.) Als darauf der zweite Vagus unterbunden wurde, traten während der Unterbindung dieselben Erscheinungen auf, wie beim rechten Vagus. Nach der Ausschaltung beider Vagi folgten dann aber auf die längere Athempause viel häufigere Athmungen: 7—8 in einer Minute, ohne dass das Thier im Geringsten munter wurde. (Fig. 27.) Die Athmungen waren eine Zeit lang unregelmässig; es wechselten höhere Athemzüge mit kleineren ab, während der Charakter derselben durchaus der nämliche blieb. Nur zuweilen trat längere Zeit nach einer ge-

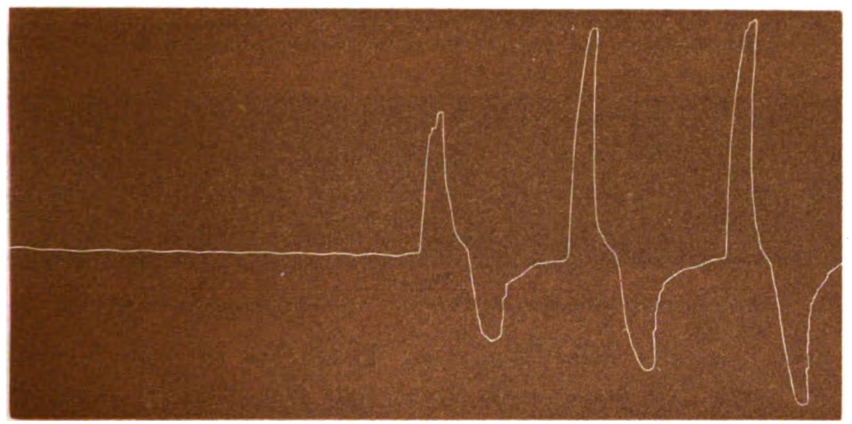


Fig. 27.
Athmung eines tief schlafenden Murmelthiers nach Durchtrennung beider Vagi.

wöhnlichen Athembewegung, die ohne active Exspiration verlief, eine active Exspirationsbewegung auf, während letztere sich sonst meistens direct an die Inspiration anschloss. Allmählich wuchsen die Athmungen an Tiefe: und zwar sowohl die Inspiration als auch die active Exspiration, während sich die Frequenz nur wenig vermehrte. Kneifen des Schwanzes, Stechen der Nasenschleimhaut, selbst Pfeifen lösten exspiratorische Effecte aus und verlängerten namentlich die Athempause. Das Thier schlief ruhig weiter, bewegte sich ab und zu ein klein wenig, scheinbar willenlos, gähnte auch einmal. Seine Rectaltemperatur betrug 7,3 ° C. (ähnlich wie in seinem Stalle), während die Zimmertemperatur 12,4 ° C. zeigte. Es waren also nach Abtrennung der Vagi keine Athemkrämpfe aufgetreten, so dass mit Sicherheit zu

schliessen war, dass trotz des tiefen Schlafes Reflexe von den Hirnbahnen auf das Athemcentrum weiter wirkten und im Stande waren, vicariirend für die ausgefallenen Vagi zu functioniren. Darauf wurden beide Carotiden geöffnet und das Murmelthier aus denselben verblutet und schliesslich das Herz ausgeschnitten. Trotzdem hörte die Athmung nicht auf. Die Athemzüge folgten sich vielmehr regelmässig weiter und

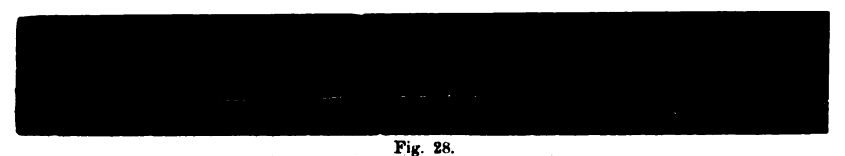


Fig. 28.
Athmung eines tief schlafenden Murmelthiers, nachdem seine Vagi durchschnitten und seine beiden Carotiden geöffnet und schliesslich sein Herz gänzlich vom Körper getrennt worden war.

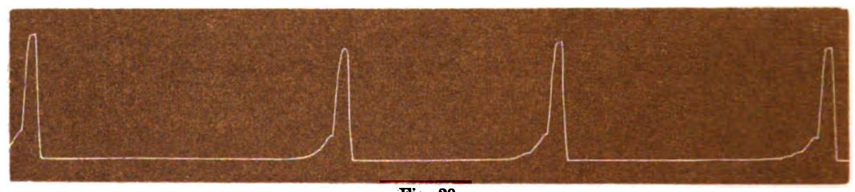


Fig. 29.
Pulse des ausgeschnittenen Murmelthierherzens am Froschherzmanometer verzeichnet.

zwar noch eine halbe Stunde lang im Intervall von einer Minute; nur waren die Respirationen flacher und länger, zumal die active Exspiration weniger deutlich ausgesprochen und sehr lang hingezogen. (Fig. 28.) Das ausgeschnittene Herz pulsirte ebenfalls noch eine lange Zeit weiter, 5—6 mal in einer Minute. Fig. 29 zeigt solche Pulsationen, welche mittels des Kronecker'schen Froschherzmanometers aufgeschrieben sind.

c) Ausschaltung der oberen Bahnen nach Durchtrennung der Vagi am Halse.

Durchtrennt man bei einem unversehrten Kaninchen die Nn. vagi am Halse, so ändert sich, wie bekannt, die Athmung in typischer Weise; sie wird langsamer und tiefer und ist Anfangs mit starker Dyspnoe verbunden, aber durchaus regelmässig. Bei tracheotomirten Thieren nimmt die starke Dyspnoe bald ab, die Athmungen werden wieder häufiger, von Athemkrämpfen ist nichts zu sehen. Schneidet man aber in dieser Zeit die Med. oblongata oberhalb des Athem-

centrums quer durch, so ändert sich das Bild plötzlich, ebenso gewaltig und ganz in der nämlichen Weise, wie wenn zuerst die Med. oblongata abgetrennt worden ist und dann die Vagi durchschnitten sind.

d) Ausschaltung der unteren Bahnen.

Um den Einfluss derjenigen sensiblen Nerven auf die Athmung kennen zu lernen, deren Verbindungen mit dem Athmungscentrum durch das Rückenmark verliefen, wurde bei Kaninchen das Rückenmark in der Höhe des letzten Halswirbels durchtrennt. Eine höhere Abtrennung darf man bei Kaninchen nicht wagen. Dieselben vertragen die Ausschaltung des Rückenmarks überhaupt sehr schlecht, wahrscheinlich wegen des schnellen und bedeutenden Sinkens des Gefässtonus. Die Blutung bei der Operation braucht nur minimal zu sein. Um dann noch weitere sensible Bahnen auszuschalten, habe ich öfter auch die Plexus brachiales et cervicales beiderseits durchtrennt, natürlich mit Schonung der Nn. phrenici. Ging die Operation gut von Statten, und ich habe eine Reihe solcher Fälle, so bleibt die Athmung nachher vollkommen normal. Dieses Bild ändert sich auch durchaus nicht, wenn man dann die Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums abtrennt. Die Athmung ist frequent, regelmässig, nicht dyspnoisch. Darauf folgende Trennung der Vagi bringt aber sofort die vorher geschilderten charakteristischen Athemkrämpfe zum Vorschein. Macht man den Versuch so, dass man erst Rückenmark, darauf Vagi durchtrennt, so unterscheidet sich die Athmung kaum von der, welche bei alleiniger Abtrennung der Vagi eintritt, sie ist nur frequenter: eine Beobachtung, welche bereits Cruikshank gemacht hatte. — Schaltet man zuletzt die Hirnbahnen oberhalb des Athemcentrums aus, so treten sofort wieder die Athemkrämpfe in charakteristischer Form auf. Taf. I gibt den ganzen Verlauf der Athemänderungen in Folge der Durchtrennungen der verschiedenen Bahnen der Reihe nach wieder. Am Beginne der Reihe I sieht man die Zwerchfellathmung des Kaninchens nach Abtrennung des Rückenmarkes in der Höhe des letzten Halswirbels; bei *a* wurde der linke, bei *b* der rechte Vagus am Halse durchschnitten. Auf Reihe II sieht man dann die gewaltigen Athemkrämpfe, welche auftraten, nachdem zuletzt die Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums quer durchtrennt war (zwei Reihen in einander gezeichnet).

e) Schlussfolgerungen. Tonus des Vagus.

Aus diesen Ausschaltungsversuchen müssen wir demnach schliessen:

1. dass die oberen Bahnen im Stande sind, den Ausfall der Nn. vagi zu decken, wie der N. vagus den Ausfall der oberen Bahnen compensirt, während die unteren Bahnen nicht vermögen, für eine der anderen Bahnen vicariirend einzutreten.

2. Der grosse Unterschied zwischen den einzelnen Bahnen liegt darin, dass der N. vagus in steter Erregung ist und continuirlich auf das Athemcentrum wirkt, also einen Tonus besitzt, während die oberen Bahnen nur secundäre Bedeutung für die Athmung haben. Vom Gehirn fliessen alle willkürlichen Impulse der Athmung ein, ebenso wie alle Gemüthserregungen, Sinnesreize und Geistesanstrengungen die Athmung modificiren.

3. Hinreichend und möglicherweise bei absoluter Ruhe des thierischen Organismus allein wirksamer Regulator der Athmung, welcher die inhärenten Erregungen des Athemcentrums in regelmässige Athembewegungen umsetzt, ist der N. vagus.

C. Reizung der oberen Bahnen. Höhere Athemcentra.

Eine Wirkung höherer Hirntheile auf die Athmung war bereits Budge aufgefallen. Durch Reizung der Sehhügel, der Vierhügel und besonders der corpora striata erhielt er, wie schon früher angegeben, Beschleunigung der Athembewegungen des Zwerchfells bei Kaninchen und zwar von 64 auf 89 in einer Minute, „gewiss eine höchst frappante Erscheinung, sagt Budge, eine Täuschung hierüber war nicht möglich; die Veränderungen waren zu auffallend; das Athmen war ziemlich regelmässig“. Dass von der Nasenschleimhaut aus starke reflectorische Exspirationsbewegungen ausgelöst werden, zeigt das Niesen. Schiff fand (1864), dass, wenn man einen Empfindungsnerven des Kopfes, z. B. den Nv. auricularis oder infraorbitalis mechanisch in mässigem Grade reizte, die Zahl der Athemzüge abnahm und erst mit Aufhören der Erregung wieder zur Norm zurückkehrte. Abtrennung der Vagi und Ausreissen der Accessorii änderte nichts an diesem Verhalten. Er sah ferner, dass Reizung der zu den Nasenflügeln der Kaninchen gehenden Aeste des Nv. maxillaris super. trigemini oder die Zusammendrückung der Haut

der Nasenflügel die Athmung in merklicher Weise verzögerte, selbst wenn man eine Luftröhrenfistel angelegt oder die Nn. laryngei super. durchschnitten hatte. Nur musste man sich hüten, Schmerz zu erzeugen, weil dieser die Zahl der Athemzüge vermehrte. Man erhielt nach Schiff dieselbe Wirkung, wenn man die Basis des Kaninchenohrs von hinten nach vorn zusammendrückte. Die Menge der Athemzüge ging dann auf $^1/_4$ der früheren hinab. Falk beobachtete beim Eintauchen der Thiere in Wasser exspiratorische Wirkungen; auch Frédericq fand beim Eintauchen des Maules der Thiere in Wasser dieselbe Wirkung; reizte man während des Stillstandes der Athmung den Vagus, so konnten dadurch periodische Inspirationen eintreten. P. Bert erhielt bei schwacher Reizung des R. nasalis des N. infraorbitalis Beschleunigung, bei mässiger Erregung: Verlangsamung, bei starker Reizung: Stillstand der Athmung, sowohl in Inspiration als auch in Exspiration. Kratschmer (1870) fand, dass Reizung der Trigeminusausbreitung einen Stillstand der Athmung in Exspiration bewirkte. Durchtrennung der Vagi beseitigte keineswegs diesen Einfluss auf die Athmung. Elektrische Reizung des N. supramaxillaris trigemini äusserte, wenn auch in etwas anderer, nicht so schnell wirkender Art seinen Einfluss auf die Athmung, während z. B. Reizung des N. dorsalis pedis sich wirkungslos erwies. Filehne fand nach Exstirpation des Grosshirns für einige Secunden eine Beschleunigung der Athmung und bezog dieselbe auf Reizung, welche die Durchschneidung der cerebralen Beschleunigungsnerven ausübt. Denn wenn er darauf von den Vierhügeln aus mit einem spitzen Gegenstande in der Richtung auf die crura cerebri tiefer eindrang, so stieg die Athemfrequenz mit dem Eintritte motorischer Erscheinungen bedeutend an (von 50 auf 200!) und blieb lange Zeit erhöht. Schon vorher hatten Martin und Booker bei Fröschen eine Stelle an den Zweihügeln feststellen können, welche gereizt, inspiratorische Effecte und Beschleunigung der Athmung zur Folge hatte und glaubten dorthin den Sitz eines Inspirationscentrums verlegen zu müssen. Später hat dann Christiani den Einfluss der Sinnesnerven und der oberen Hirntheile auf die Athmung näher verfolgt und gefunden, dass Reizung der Nn. optici beschleunigend auf die Athmung, bezüglich inspiratorisch wirkte, und zwar, wenn auch

weniger ergiebig, so doch ganz nach der Art des gereizten centralen Vagusendes, während die Beeinflussung der Athmung durch Trigeminusreizung ganz entgegengesetzt, also nur im exspiratorischen Sinne erfolgte. Auch der adäquate Reiz für den Opticus, das Licht, ergab in Bezug auf die Athmung vor und nach Enthirnung beschleunigende und inspiratorische Wirkung und zwar war diese Erscheinung nach Enthirnung bei weitem ausgiebiger als vor derselben. Mechanische Reizung des Sehnerven und Quintus gaben dieselben vorher geschilderten Resultate. Auch der Acusticus wirkte nach Christiani stets inspiratorisch und zwar zeigte sich die Erregbarkeit für acustische Reflexe nach Entfernung der Grosshirnhemisphären und der Streifenhügel noch ausgesprochener als die für optische Athemreflexe. Ferner wirkte Reizung der Oberfläche der Thalami optici inspiratorisch. Im Innern der Sehhügel gibt es nach Christiani eine ganz circumscripte Stelle, in geringer Höhe über dem Boden in der Seitenwand des dritten Ventrikels, nahe den Vierhügeln, deren mechanische, thermische und elektrische Reizung, Stillstand des Zwerchfells in Inspiration und inspiratorisch vertiefte und beschleunigte Athmung verursacht. Die Stelle ist bilateral, von der Grösse eines Cubikmillimeters. Die Athmung wird bei Reizung dieser Stelle bei ausserordentlicher Beschleunigung zugleich sowohl ex- als inspiratorisch vertieft, doch zuweilen nur vertieft, nicht beschleunigt; zugleich tritt ein überraschend lebhaftes Spiel der concomittirenden Athembewegungen (welcher?) und starke rhythmische Mitbewegung des Schwanzes auf. Doppelte Vagisection ändert am respiratorischen Verhalten des gereizten Inspirationscentrums nichts. Mechanische Zerstörung des Centrums ist sehr leicht (welche Folgen?). Ferner lässt sich nach Christiani in der Substanz der vorderen Vierhügel, dicht unter und neben dem Aquaeductus Sylvii ein Expirationscentrum nachweisen. Seine Reizung bewirkt vor wie nach Vagisection das Auftreten explosiver activer Exspirationsstösse, oder Stillstand in gewöhnlicher oder in activer Exspiration. Nach beendeter Reizung pflegt compensatorisch Beschleunigung in Inspiration zu erscheinen und dabei tritt häufig ein eigenthümliches Schreien auf, ganz genau wie nach Trigeminusreizung. Das Inspirationscentrum im dritten Ventrikel bleibt auch in der Apnoe erregbar. Nach Entfernung der

corpora anteriora der Vierhügel konnte Christiani ebenso wie Martin und Booker ein zweites Inspirationscentrum localisiren. In Pons und Medulla liegen nach ihm die durch Reizungsversuche nicht mehr scharf von einander trennbaren Ausläufer der drei oberen in den Seh- und Vierhügeln enthaltenen Centra! Auch Steiner hat neuerdings ein accessorisches Exspirationscentrum bei Fröschen zu beobachten geglaubt, welches ungefähr da liegen soll, wo Martin und Booker ihr inspiratorisches Centrum beschrieben haben; doch hält Steiner seine Beobachtungen nicht für abgeschlossen und meint, dass dieses Centrum nicht mit dem wirklichen Athemcentrum zu identificiren sei, welches auch beim Frosche in der Med. oblongata läge. Dass auch der N. olfactorius einen Einfluss auf die Athembewegungen gewinnen kann, hat A. Gourewitch unter Luchsinger's Leitung genauer festgestellt. Auf Reizung der Endigungen des Riechnerven mit Schwefelkohlenstoff etc. und elektrischen Strömen, erhielt G. bei schwacher Reizung vermehrte und verflachte Athmung, bei starken Strömen Stillstand in Exspiration.

Ich habe im Eingange dieses Abschnittes nachgewiesen, welch bedeutenden Einfluss die oberen Bahnen auf die Athmung gewinnen können, ich habe gleichzeitig dargethan, dass dieser Einfluss für gewöhnlich bei der normalen Athmung unmerklich ist und dass die Durchtrennung der oberen Bahnen bei intacten Vagis die Athmung in keiner Weise ändert. Wir lernen jetzt, dass es besonders der Opticus und Acusticus sind, welche die Athmung im inspiratorischen Sinne, der Olfactorius und Trigeminus, welche die Athmung im exspiratorischen Sinne beeinflussen und dass die übrigen sensiblen Nerven je nach der Stärke des Reizes und je nachdem sie Schmerz verursachen, sowohl Inspiration wie Exspiration hervorzubringen vermögen. Meine Versuche über die directe Reizung des Athemcentrums im vierten Ventrikel haben ferner zur Evidenz gezeigt, dass das Athemcentrum nur in derselben Weise erregt werden kann, wie von den centripetalen Nerven aus. Die oberen Bahnen wirken ebenfalls auf das Vaguscentrum gleich sensiblen und da sie keine directe Verbindung mit demselben besitzen, wahrscheinlich durch Vermittlung von anderen Nervenkernen, die mit dem Vaguskerne im Zusammenhange stehen. Wenn man aber jede nervöse Ausbreitung, von der

aus Athembewegungen erregt werden können, ein Athemcentrum nennen wollte, so würde die Auffindung von solchen neuen Centren wenig Werth mehr für die Wissenschaft und wenig Ruhm für den Entdecker haben. Zum mindesten muss man von einem Centrum verlangen, dass in ihm centripetale Bahnen münden, centrifugale entspringen und dass sein Wegfall irgend eine Function, welche es beherrscht, aufhebt oder wesentlich stört. Keine der Thatsachen aber, welche uns Martin und Booker, Christiani und Steiner gelehrt haben, bringt einen zwingenden Beweis, dass es sich in den oberen Hirntheilen um wirkliche Centra der Athmung handelt, wie es vom Athemcentrum im vierten Ventrikel so häufig nachgewiesen worden ist. Umgekehrt, alle Erfahrungen dieser Forscher zeigen uns nur, dass wie von den Lungen und vom Rückenmarke, so auch vom Gehirne aus centripetale Erregungen zur Med. oblongata gehen, welche reflectorisch das Athemcentrum erregen.

D. Chemische Reizung der Med. oblongata. Kochsalzdyspnoe. Kältedyspnoe.

Eine Reihe Beobachtungen, welche ich bei bald näher zu beschreibenden Versuchen gemacht habe, hat gleichzeitig zu Erwägungen ganz anderer Art Veranlassung gegeben, denen zu Folge es im höchsten Grade wahrscheinlich ist, dass die Nn. phrenici dennoch directe Verbindungen mit dem Gehirne haben und zwar motorischer Natur. Demnach wäre es nicht unmöglich, dass man in der Hirnrinde ein motorisches Centrum für die Athmung auffinden wird. Wenn man bedenkt, wie genau Stimme und Sprache modulirt werden können, wie Sänger es lernen den Ton beliebig zu halten und zu unterbrechen und zwar in den feinsten Nuancen, so wird man zu der Vorstellung gedrängt, dass die Athemmuskulatur auch mit Ausschluss des rhythmisch fungirenden Centrums, wie andere willkürliche Muskelgruppen, direct erregt werden kann. Dabei muss man auch dem Zwerchfell ein feines Muskelgefühl zusprechen und so kann es nicht auffallen, was ja auf den ersten Blick sonderbar erscheint, dass man in den Zwerchfellnerven sensible Fasern findet, wie Panizza zuerst nachgewiesen, wie Schreiber, v. Anrep und Cybulsky und auch ich bestätigt haben, und die Ehrlich in jüngster Zeit

auf mikrochemischem Wege hat zeigen können. Folgende Versuche sind die Veranlassung zu den vorangegangenen Betrachtungen. — Wenn man die Med. oblongata nach Abtrennung oberhalb des Athemcentrums von der Schnittfläche mit Kochsalz reizt, so treten ganz eigenthümliche Zwerchfellbewegungen auf, welche den sonst reflectorisch von der Med. oblongata mittels elektrischer Ströme ausgelösten völlig unähnlich sind. Die Athmungen z. B., welche in dem einen Falle wegen tiefer Abtrennung der Medulla aussetzend waren und in langen Zwischenräumen auf einander folgten, wurden sofort äusserst frequent, ganz unregelmässig und so klein, dass man sie hätte für Herzschläge halten können; sie waren aber viel häufiger als der Herzschlag. Dazwischen traten in den regelmässigen Zeiträumen wie vorher die natürlichen hohen Athmungen ein; während

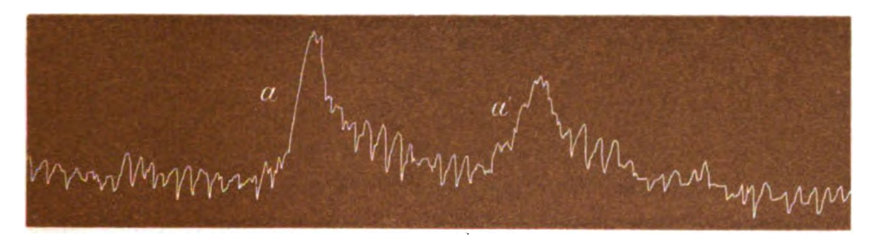


Fig. 30.
Zwerchfellathmungen eines Kaninchens während directer Reizung der Med. oblongata mittels Kochsalz („Kochsalzdyspnoe"). Bei *a* und *a'* natürliche Athmungen.

derselben dauerten diese kleinen Athmungen fort und setzten sich als Zacken dem auf- und absteigenden Schenkel des natürlichen Athemzuges an, so dass sie ganz das Bild einer Blutdrucksschwankungscurve gaben mit den Traube-Hering'schen Wellen. Ich eröffnete die Bauchhöhle während des Versuches und konnte die Bewegungen mit dem Finger deutlich fühlen, welche das Zwerchfell in seiner ganzen Ausdehnung in fortwährende Vibration versetzten und die, wie schon aus der Form zu erkennen, nicht etwa mit Zwerchfellzuckungen zu verwechseln waren. Daneben konnte man das Herz viel langsamer pulsiren fühlen. Während vor Reizung die Zahl der Athmungen sechs in einer Minute betrug, stieg dieselbe während der Reizung auf 120 in einer Minute. Die Höhe eines natürlichen Athemzuges betrug im Durchschnitt 1,6^{cm} während die durch Reizung hervorgerufenen 0,6—0,1^{cm} hoch waren; und während

jeder natürliche Athemzug eine Secunde dauerte, waren die künstlichen 0,2—0,4 Secunden lang. Fig. 30 veranschaulicht diese Athmungen. — In einem anderen Falle wurde die Med. oblongata von der Schnittfläche aus abgekühlt, indem ich eine Kältemischung von —5° C. durch eine kleine Doppelcanüle laufen liess, welche nach unten zu ganz flach ausgehämmert war, so dass sie dort nicht dicker war wie ein mittelstarker Messerrücken und leicht von der Schnittfläche der Med. oblongata aus bis auf die innere Schädelbasis eingeführt werden konnte. Die Athmung war vor der Abkühlung periodisch. Während derselben wurde die Athmung zuerst rhythmisch und es interponirten sich sowohl während der Inspiration als während der Exspiration und während der Athempause sehr frequente unregelmässige Zwerchfellbewegungen, so dass dadurch die ursprünglichen Athemphasen ein sehr merkwürdiges Ansehen erhielten, und bald aussahen wie die Zwerchfellzuckungen, welche man erhält, wenn man die Phrenici direct mit nicht schnell genug sich folgenden Reizen erregt und so einen discontinuirlichen Tetanus erhält (vergl. Fig. 10a). Ein anderes Mal gewannen die natürlichen Athemzüge den Anschein als ob sie in drei oder vier oder fünf verschiedene gespalten wären, indem die interponirten, welche zur Zeit der natürlichen Inspirationsbewegung eintraten, zuweilen die Grösse der letzteren erreichten. Aus dem Rhythmus der Athmung konnte man aber deutlich sehen, dass es sich nicht etwa um eine erhöhte Frequenz der gewöhnlichen Athmung handelte, sondern dass die Athembewegungen durch interponirte Zwerchfellcontractionen gespalten waren. Bei weiterer Abkühlung verschwand der ursprüngliche Athmungsmodus gänzlich und zuletzt blieben nur diese äusserst frequenten, kleinen, unregelmässigen Athmungen übrig. Fig. 31 gibt ein Bild solcher Athmungen nach Abkühlung der Med. oblongata (von rechts nach links zu lesen). Liess man mit der Abkühlung nach, so sah man die ursprünglichen Athmungen in Perioden wieder auftreten, wie vor Einwirkung der Kälte; erneute Abkühlung zeigte dasselbe Verhalten. Als dann nach Sistirung der Abkühlung die Athmung wieder den ursprünglichen periodischen Charakter angenommen hatte, wurden die Vagi am Halse durchtrennt: sofort trat das bekannte Bild der Athemkrämpfe auf. Eine erneute Abkühlung während dieser Zeit wirkte in doppelter

Weise, erstens, indem wie nach directer Reizung die Med. oblongata mit intermittirenden Reizen, die Athmung frequent und regelmässig wurde, die Athemkrämpfe verschwanden, und zweitens, indem wiederum daneben, sowohl während In- und Exspiration, als während der Pause die frequenten kleinen Zwerchfellbewegungen auftraten und immer mehr den Typus der ursprünglichen Athmung verdrängten, so dass die Athmung der bei starker Abkühlung vor Vagusdurchtrennung ganz ähnlich wurde. Fig. 32, welche ebenfalls von rechts nach links zu lesen ist, zeigt auf Reihe *a* die Athemkrämpfe nach Abtrennung der Medulla und der Vagi, dann auf Reihe *b* und *c* die Folgen der Abkühlung. — Dieses Phänomen, welches man,

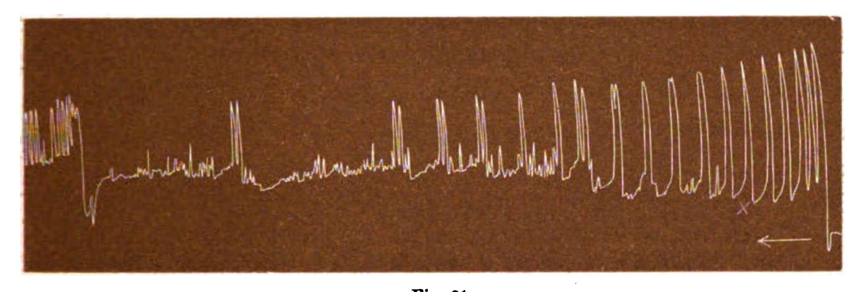


Fig. 31.
Zwerchfellathmungen während directer Reizung der Med. oblongata mittels Kälte — 5° C. („Kältedyspnoe").
Bei *x* Beginn der Einwirkung der Kälte. Curve verläuft von rechts nach links.

wenn Kochsalz den Reiz verursacht hat, als „Kochsalzdyspnoe", wenn Kälte die Ursache war, als „Kältedyspnoe" bezeichnen kann und welches sicherlich noch durch viele andere Mittel hervorgerufen werden kann, ist wie gesagt, seiner Form und seinem Auftreten nach durchaus verschieden von den Athembewegungen, welche man reflectorisch vom Athemcentrum aus erhält. Es macht durchaus den Eindruck als ob von den durchtrennten Seitenbahnen directe motorische Erregungen den Nn. phrenicis zugeführt würden mit Umgehung des Athemcentrums. Ich habe diese Vorgänge als „Kochsalzdyspnoe" und „Kältedyspnoe" bezeichnet in Analogie der von Goldstein, Sihler, Gad, Mertschinsky und Richet beschriebenen „Wärmedyspnoe", obgleich dabei von einer wirklichen Dyspnoe nicht die Rede ist. Weder zeigt das Zwerchfell dabei einen erhöhten Tonus, noch treten etwa Thoraxathmung oder gar Hilfsathemmuskeln in Thätigkeit. Der natürliche Typus der Athmung besteht sogar noch

lange Zeit ganz unabhängig von diesen interponirten Zwerchfellbewegungen fort, bis letztere ihn gleichsam auflösen. Aber auch bei der „cephalischen Wärmedyspnoe“ wie sie z. B. **Mertschinsky** genau geschildert hat, ist von Symptomen, welche man als dyspnoische bezeichnen könnte, kaum etwas zu finden. „Das Charakteristische der cephalischen Wärmedyspnoe, sagt **Mertschinsky**, ist Be-

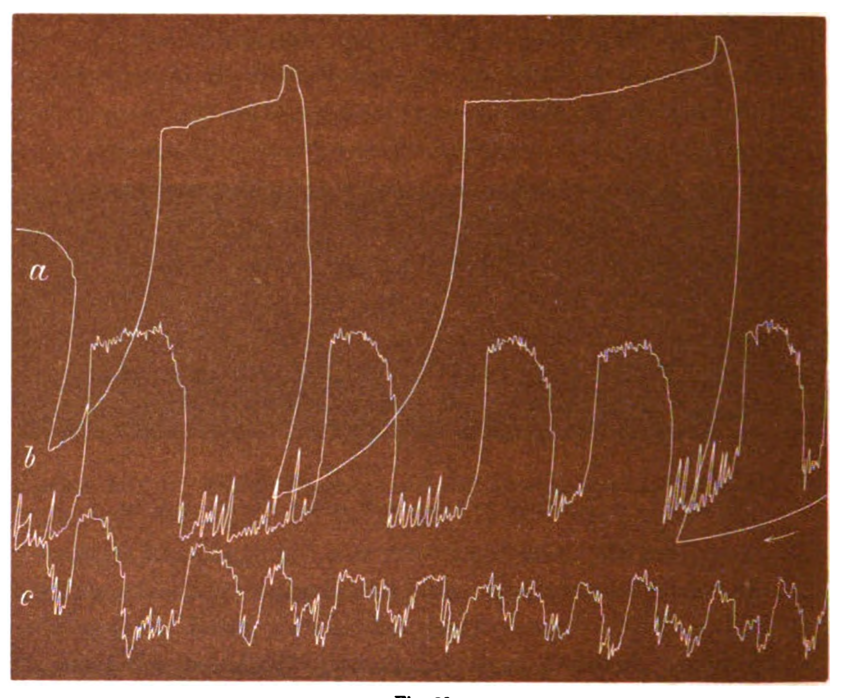


Fig. 32.
Kältedyspnoe nach Durchtrennung der Vagi. *a* Athemkrämpfe nach Durchtrennung der Med. oblongata und der Vagi vor der Kälteeinwirkung, *b* und *c* Veränderung der Athemkrämpfe durch Kälte. Curve verläuft von rechts nach links.

schleunigung, Verflachung, Abnahme der respiratorischen Anstrengung, Erhöhung der Athemgrösse. Sie ist wesentlich verschieden in ihrer Erscheinung und wahrscheinlich auch in ihrer directen Veranlassung von der Kohlensäuredyspnoe.“ Es erscheint nun durchaus nicht unwahrscheinlich, dass auch der centralen Wärmedyspnoe dieselben Ursachen zu Grunde liegen wie der Kochsalzdyspnoe oder der Kältedyspnoe.

E. Reizwirkungen der unteren Bahnen. Hautreflexe. Splanchnicuswirkung.

Bei Betrachtung der unteren Bahnen handelt es sich hauptsächlich um die sensiblen Nerven, welche durch das Rückenmark auf das Athemcentrum wirken, und besonders lehrreich sind hierbei die Hautreflexe. Wir wissen, dass, wenn man bei intacten Thieren von der Haut aus durch Kneifen, Schneiden etc. Schmerz erregt, neben Beschleunigung der Athmung häufig Stillstände in Exspiration eintreten. „Die Erregung der Nerven der Glieder und des Schwanzes, sagt Schiff, vermehrt die Zahl der Athmungen. Die Reizung der Vorderbeine mancher Kaninchen führt zu einer Verlängerung der Ausathmung und der Erschlaffung des Zwerchfells; andere liefern dasselbe, wenn man eine beliebige Hautstelle zusammendrückt.“ Ich habe gezeigt, dass auch während des Schlafes in den Fällen, wo die Reflexe der oberen Hirnbahnen noch fortwirken, Kneifen des Schwanzes und der Pfoten exspiratorische Effecte und exspiratorischen Stillstand des Zwerchfelles im Gefolge haben. Im Allgemeinen aber ist bei normalen Thieren ein Einfluss leiser Berührungen der Haut auf die Athmung nicht sichtbar. Dies ändert sich bei enthirnten Thieren. Ist die Med. oblongata von den oberen Hirntheilen getrennt, so werden derart geköpfte Thiere von der Haut aus reflectorisch äusserst erregbar. Nicht nur Kneifen oder jede stärkere Abkühlung, zuweilen nur Anblasen der Haut verändert die Athmung, und zwar in verschiedener Weise. Bald treten schnellere und tiefere Athemzüge bei höherer oder bei tieferer (Ex- und Inspirationsstellung) des Zwerchfells, bald, wenn auch sehr selten und wie es mir schien, nur dann, wenn einige Fasern der oberen Hirnbahnen stehen geblieben, eine verlängerte Exspiration, bald, und zwar weitaus am häufigsten und dann stets, wenn die Abtrennung der Med. oblongata eine vollkommene war, eine verlängerte Inspiration. Wie wirksam die Hautreflexe bei periodischer Athmung, sowohl während des Anfalles, als während der Pausen sind, und wie jedes Kneifen der Haut dann einen vollständigen Athemzug auslöst, so dass die Athmung bei intermittirenden Hautreizen regelmässig werden kann, habe ich bereits früher näher erörtert. Selbst wenn die Athmung bei tiefer Durchschneidung der Med. oblongata schon aussetzend ist, gelingt

es noch, besonders anfangs durch Hautreize ganze Athembewegungen auszulösen. Doch nimmt dann die Reflexerregbarkeit schnell ab und gelingt es besonders nicht häufig hinter einander, sondern nur nach längeren Zwischenräumen eine Wirkung zu erzielen. Sind sowohl Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums quer durchtrennt, als auch die Vagi abgeschnitten, so sind während der Athemkrämpfe Hautreize ebenfalls noch sehr wirksam; es lösen dieselben aber jetzt nicht mehr ganze Athembewegungen aus, sondern beschleunigen nur die Auslösung der verschiedenen Athemphasen, und gelingt es, besonders während der Exspiration eine Inspiration, nicht selten aber auch während der Inspiration eine Exspiration zu erhalten, letzteres hauptsächlich dann, wenn die natürliche Exspiration nicht mehr fern ist. Budge, welcher bereits den Einfluss der Hautnerven auf die Athmung studirte, fand, dass wenn man bei Säugethieren und Vögeln die ganze Haut entfernte, dieselben Erscheinungen eintraten, wie nach Durchtrennung der Vagi. Bald nach der Operation nahm die Häufigkeit des Athemholens je nach der Grösse des weggenommenen Hauttheils mehr oder minder ab, dann trat ein Schwanken zwischen Zu- und Abnahme ein, doch stets blieb die Seltenheit der Athemzüge die vorherrschende Erscheinung. Ich comprimirte die Aorta abdominalis bei geköpften Thieren (Stenson) um einen Theil der unteren sensiblen Nerven auszuschalten und fand, dass sich der Rhythmus der Athmung nur insofern modificirte, als dieselbe viel frequenter wurde; nach Abtrennung der Vagi wurde die Athmung wie gewöhnlich krampfhaft. Budge fand im Jahre 1859, dass auf Reizung des N. splanchnicus, wie des ischiadicus, der Intercostal- und anderer Gefühlsnerven eine anhaltende starke Exspirationsbewegung erfolgt; „das Athmen kann vollständig zum Stillstande gebracht werden". Graham hat im Jahre 1881 diese Thatsache zum zweiten Male entdeckt. Man kennt schon seit lange die Einwirkung der Bauchfasern der Nn. vagi auf die Athmung, so z. B. beim Brechacte. Knoll hat diese Wirkung neuerdings noch eingehender untersucht und die exspiratorischen Bewegungen nach Reizung der Vagusenden im Bauche festgestellt. Holmgren sah, dass Benetzung der Bauch- und Brustwand mit Wasser, stärkere und tiefere Inspirationen veranlasst u. s. w. Trotz-

dem also meine Durchtrennungsversuche nachgewiesen haben, dass die unteren Bahnen bei der gewöhnlichen Athmung im Allgemeinen nicht betheiligt sind, dass sie keinen Tonus besitzen, und trotzdem dieselben nicht im Stande sind, für die anderen Bahnen vicariirend einzutreten und demnach auch nicht die Athemkrämpfe des Centrums durch ihren Einfluss hintanhalten können, so lernt man doch aus den Reizversuchen, dass die Rolle dieser Nerven für die Athmung unter Umständen recht wichtig werden kann. Traube hatte den Einfluss der Hautnerven auf die Athmung zur Erklärung des Cheyne-Stoke'schen Phänomens bereits herangezogen, nachdem Volkmann sie sogar den Nn. vagi gleichwerthig hingestellt hatte.

F. Reizwirkungen der centripetalen Nerven, welche direct mit dem Athemcentrum communiciren.

So kommen wir schliesslich zu den centripetalen Nerven, welche direct in die Med oblongata einmünden, und denen wir eine specifische Wirkung auf die Athmungsauslösung zusprechen müssen, zum Glossopharyngeus und zum Vagus mit seinen Aesten: den laryngei super. et infer. Ich habe die Wirkungen dieser Nerven auf die Athmung stets nur geprüft, nachdem die oberen Bahnen ausgeschaltet waren. Nur so kann man nach dem vorher Besprochenen hoffen, eindeutige und reine Resultate der directen Beziehungen der einzelnen Nerven auf die Athmung zu erzielen. Denn man darf nicht vergessen, dass alle diese Nerven zunächst sensibel sind und, wie auch vom Vagus durch Schroeder van der Kolk nachgewiesen ist, Verbindungen mit dem Gehirne besitzen, welche neben der specifischen Reizung in die Erscheinung treten können. Schon Traube hatte auf diese Thatsache aufmerksam gemacht, sie ist aber nicht beachtet worden.

a) Reizwirkungen des Glossopharyngeus.

Die Wirkung des Glossopharyngeus auf die Athmung ist bisher noch nie genau geprüft worden. Das Einzige, was ich in der Literatur darüber feststellen konnte, ist eine Bemerkung Schiff's, dass die Galvanisation des Stammes oder der Aeste des Glossopharyngeus das Zwerchfell zur Verkürzung bringt, während die Athemzüge anhaltender werden und eine Angabe Knoll's in einer

Anmerkung seiner Arbeit über die Athmungsinnervation, dass Reizungen des centralen Glossopharyngeusstumpfes hochgradige inspiratorische Veränderungen der Athmung gäben. Es ist aus dieser Anmerkung nicht zu ersehen, ob Knoll Versuche hierüber selbst angestellt oder die Angaben nur der Literatur (Schiff?) entnommen hat. Jedenfalls sind die Angaben Schiff's und Knoll's schwer mit einer Thatsache in Einklang zu bringen, welche Kronecker und Meltzer bei der Schluckauslösung gefunden hatten. Bei jeder Schluckauslösung läuft nach diesen Autoren der Vorgang so ab, dass zuerst eine Hemmungs- und dann eine Bewegungserregung statthat. Während der Schluckhemmung, deren centrale Auslösungsbahn im Glossopharyngeus verläuft, tritt gleichzeitig eine Athemhemmung ein, welche diese Autoren als eine Irradiation vom Schluckcentrum auf das Vaguscentrum anzusehen geneigt waren. Diese Combination von Schluck- und Athemhemmung wäre kaum zu verstehen, wenn Reizung des Glossopharyngeus heftige Inspirationen hervorriefe. Meine Untersuchungen haben nun gezeigt, dass die Angaben Schiff's und Knoll's auf einem Irrthum beruhen müssen. Die Nn. glossopharyngei sind bei Kaninchen nicht schwer zu präpariren. Wenn man die Submaxillardrüse nach aussen wälzt und, nachdem man den Musc. stylohyoideus quer an der Sehne durchtrennt hat, zwischen carotis externa und interna eingeht, sieht man zuerst den N. hypoglossus von innen nach aussen hinunterziehen. Lateralwärts von diesem und zwischen ihm und dem Stamm des Vagus ziehen dann dicht unter dem Musc. styloglossus und am Rande des Musc. stylopharyngeus zwei feine, quer verlaufende Nervenstämmchen, von denen der untere der N. pharyngeus N. vagi, der obere der N. glossopharyngeus ist. Man kann den Stamm des letzteren so weit gegen den Pharynx und gegen das foramen jugulare präpariren, dass ein ganz feines gut isolirtes Elektrodenpaar ohne Schwierigkeit untergeführt werden kann. Die Nerven sind aber sehr dünn und reissen leicht aus, so dass man gut thut, möglichst ältere Thiere für diese Versuche zu benutzen. Bindet man dann die Glossopharyngei in der Nähe des Pharynx ab, so wird dadurch, wie schon bemerkt, die Athmung in keiner Weise geändert, gleichgiltig, ob die Vagi vorher durchtrennt waren oder nicht. Reizt man nun die centralen

Stümpfe der Nn. glossopharyngei mit intermittirenden Reizen von möglichst schwacher Intensität (du Bois-Reymond's Schlitteninduct.

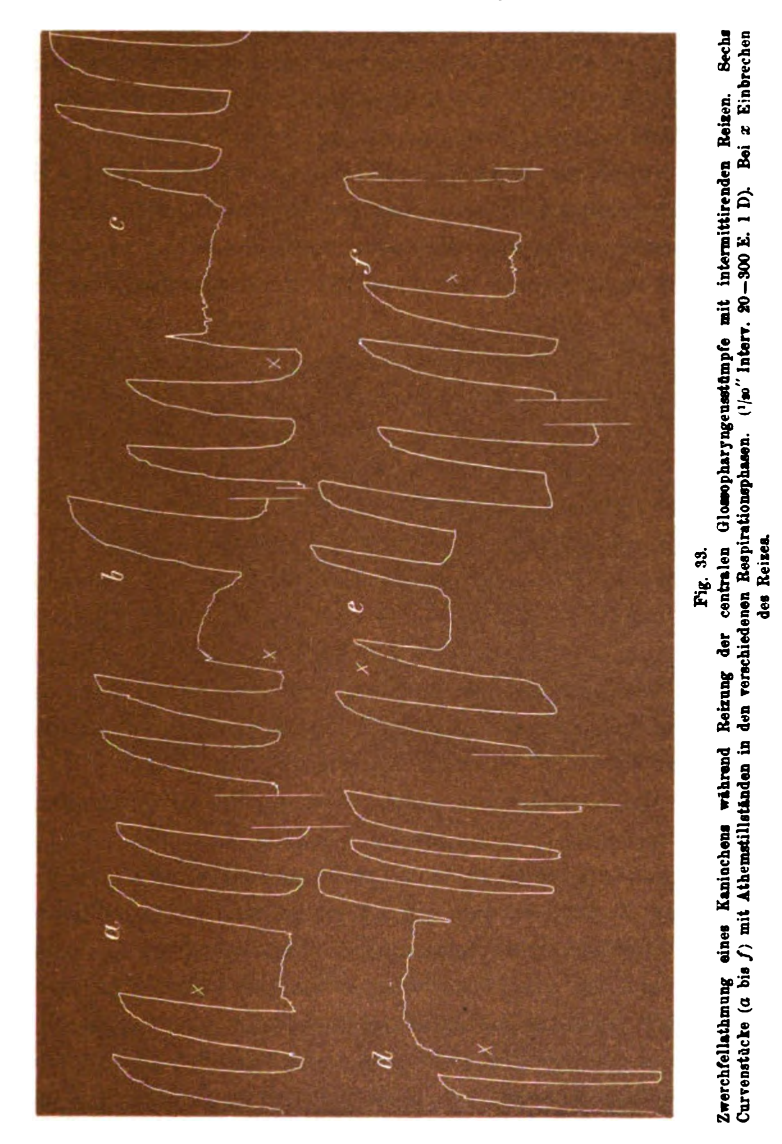


Fig. 33.
Zwerchfellathmung eines Kaninchens während Reizung der centralen Glossopharyngeusstümpfe mit intermittirenden Reizen. Sechs Curvenstücke (*a* bis *f*) mit Athemstillständen in den verschiedenen Respirationsphasen. ($^1/_{30}$" Interv. 20—300 E. 1 D). Bei *x* Einbrechen des Reizes.

1 Daniell. 20—30 E. $^1/_{30}$" *J*), so bleibt die Athmung stehen, und zwar in derjenigen Phase, in welcher sie sich gerade befand, als der Reiz wirksam geworden: während der Inspiration oder während

der Exspiration, sowohl auf der Höhe der ersteren, als nach Ablauf der letzteren, als in irgend einer Mittelstellung. Ich sagte, sobald die Reize wirksam werden, denn es dauert stets eine erhebliche Zeit (1/2 bis 1 Secunde) ehe nach dem Einbrechen der Reize die Wirkung sich entfaltet, eine Zeit, welche viel länger ist, als man z. B. beim Laryngeus oder Vagus zwischen Reizung und Wirkung verfliessen sieht. Um also z B. einen Stillstand des Zwerchfells auf der Höhe der Inspiration zu sehen, muss man während der ersten Hälfte der Inspirationsbewegung reizen, will man den Stillstand mitten während der Exspiration erreichen, so muss der Reiz auf dem Gipfel der Inspiration hereinbrechen u. s. f. Die Wirkung des erregten Glossopharyngeus besteht also in einer absoluten Hemmung der Athmung und hat ungefähr die Dauer von drei vorangegangenen Athemzügen. Dann beginnt die Respiration wieder, auch wenn der Reiz fortdauert, und zwar mit einer Inspiration, welche den Hemmungsstand des Zwerchfells als Ausgangspunkt nimmt. Dauert der Reiz noch fort, so geht das Zwerchfell dann unter Athembewegungen allmählich, oder wenn der Reiz schon vorher unterbrochen war, schnell in seine ursprüngliche Ruhelage zurück. Man sieht auf Fig. 33 den Stillstand der Athmung in den verschiedenen Athemphasen nach intermittirender Reizung der Glossopharyngei-Reizung mit noch schwächeren Strömen unterbricht die Athmung in der Weise, dass das Zwerchfell von dem Moment, wo der Reiz wirksam wird, ganz allmählich in Exspirationsstellung übergeht. Nie aber erhält man durch Reizung der Glossopharyngei mit noch so schwachen Strömen eine Verlangsamung der Athmung, wie z. B. bei Reizung der laryngei sup. oder der trigemini, sondern stets einen absoluten Stillstand derselben, sobald der Reiz überhaupt wirksam wird. Die Hemmung der Athmung bei Glossopharyngeusreizung ist im Allgemeinen eine kurze und kann besonders nicht durch stärkere Ströme verlängert werden; im Gegentheil machen starke Ströme die Nerven schnell unerregbar, wie auch schwache, welche häufig oder lange hintereinander einwirken. Längere Pausen stellen die ursprüngliche Erregbarkeit wieder her. Man kann die hemmende Wirkung der Glossopharyngei besonders deutlich zur Erscheinung bringen, wenn

man die Nerven mechanisch reizt; schwaches Drücken oder Zerren, selbst Abtupfen mit einem Schwämmchen genügt, die Athmung zum Stillstand zu bringen, ganz so wie auf elektrischem Wege, in welcher Phase man will. Der Erfolg der Reizung der Glossopharyngei ist der nämliche, ob die Nn. laryngei sup. durchtrennt sind oder nicht. Unterbindet man die Nn. vagi am Halse, so dass Athemkrämpfe eintreten, so gelingt es durch intermittirende Reizung der glossopharyngei, den Zwerchfellkrampf bedeutend abzukürzen, ja zuweilen vollkommen zu unterbrechen, während das Zwerchfell dabei langsam in Exspirationsstellung übergeht. Auf Fig. 34 sind solche durch

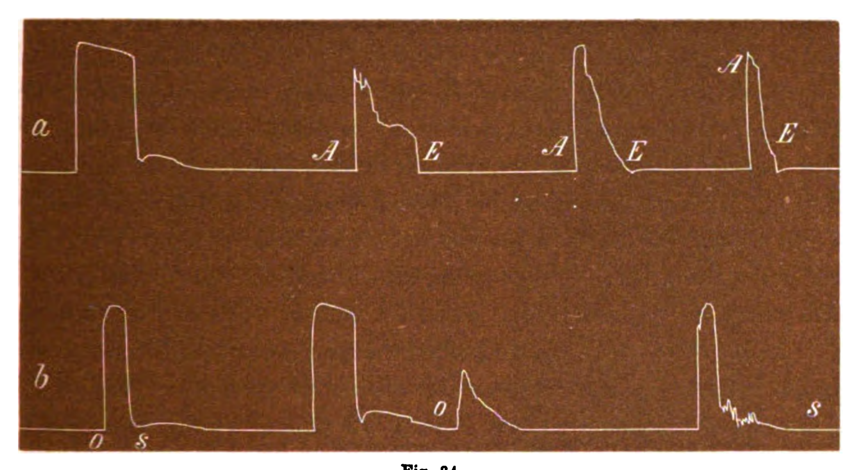


Fig. 34.
Athemkrämpfe durch Glossopharyngeusreizung während verschiedener Phasen der Krämpfe modificirt (1/30″ Interv. 450—500 E. 1 D.). Bei *A* Anfang, bei *E* Ende der Reizung.

Reizung der Glossopharyngei modificirte Athemkrämpfe aufgezeichnet. Die Wirkung der Glossopharyngei auf die Athmung ist auch nach Durchtrennung der Vagi eine hemmende, und es gelingt nicht etwa durch längere oder rhythmische intermittirende Reizung, regelmässige Athembewegungen in erhöhter Frequenz statt der Athemkrämpfe auszulösen. In dem Verhalten der Glossopharyngei zur Athmung liegt ein fundamentaler Unterschied im Vergleiche zu den laryngeis super., wie ich gleich näher zeigen werde. Der Glossopharyngeus ist ein wirklicher Hemmungsnerv der Athmung. Dass er keinen Tonus besitzt, habe ich bereits erörtert; er tritt für die Respiration nur ausnahmsweise in Thätigkeit, wie z. B. bei der Schluckhemmung,

wo er gleichzeitig mit dem Schluckbeginne, die Athembewegung hemmt.

b) Reizwirkungen der Nn. laryngei superiores. Tonus derselben.

Rosenthal entdeckte die exspiratorische Wirkung der laryngei super. und glaubte hiermit den Schlüssel gefunden zu haben für die widersprechenden Resultate, zu welchen die Reizung des Vagus bisher geführt hatte. Er zeigte, dass der Effect der Reizung des Laryngeus sup. dem des Vagus gerade entgegengesetzt ist, und fasste denselben als einen Hemmungsnerven der Athmung auf. Die Thatsache, dass man auf Reizung der Laryngei exspiratorische Stillstände der Athmung beobachtet, ist seit Rosenthal allseitig bestätigt worden, nur v. Anrep und Cybulsky glauben bewiesen zu haben, dass im Laryngeus nicht nur exspiratorische, sondern auch inspiratorische Fasern vorkommen. Dass aber diese exspiratorische Wirkung für den Laryngeus specifisch sei, wurde vielfach geleugnet, so z. B. von Schiff, der betonte, dass bei Durchtrennung der Laryngei weder Form noch Zahl der Athembewegungen sich ändern. Eine Wirkung, wie der N. laryngeus bei Reizung entfalte, könne man durch viele andere Körpernerven hervorbringen. Dasselbe meinten P. Bert und Andere.

In der That, wenn man die beiden Nn. laryngei sup. am Halse durchtrennt (stets nach Ausschaltung der oberen Hirntheile), so bleibt die Athmung absolut unverändert, sowohl an Grösse wie an Häufigkeit. Auch nach Vagusdurchtrennung erleiden die Athemkrämpfe durch Ausschaltung der Nn. laryngei keine Aenderung. Reizt man dann die centralen Laryngeusstümpfe mit ganz schwachen intermittirenden Strömen (1 D. 10—30 E. $^1/_{20}$″ *J.*), so tritt bei den schwächsten Strömen eine Verlangsamung der Athmung ein und eine deutliche Verlängerung der Athempause. Dabei werden die einzelnen Athemzüge tiefer und länger und zwar sieht man deutlich die Summation der Reize, indem die Athemzüge allmählich an Grösse wachsen, dann wieder abnehmen. Bei stärkeren Reizen tritt ein Stillstand der Athmung, und zwar stets in Exspirationsstellung, ein. Dieser Stillstand kann je nach der Stärke des Reizes kürzere oder längere Zeit andauern. Ich habe Zwerchfellerschlaffungen beobachtet, welche der Zeit von 16 vorangegangenen Respirationen entsprechen und noch längere. Nach der Reizung nahm das Zwerchfell stets einen erhöhten Tonus

an, das heisst: bei den nun folgenden Athembewegungen war die Erschlaffung des Zwerchfells weniger hochgradig und waren die ersten Athem züge zuweilen noch tiefer und länger als vor der Reizung; meistens aber unterschieden sie sich gar nicht von den vorangegangenen (Fig. 35). — War die Athmung vor Reizung der Laryngei super. bereits periodisch (nach tieferer Abtrennung der Med. oblongata), so konnte man durch intermittirende Reizung der Nerven die Perioden auflösen und eine continuirliche Athmung erhalten, bei der die einzelnen Athemzüge von erst kürzeren, dann allmählich länger werdenden Pausen unterbrochen wurden. Mit Aufhören der Reizung trat die periodische Athmung sofort wieder hervor (Fig. 36). Wurden die Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums und gleichzeitig die Vagi am Halse durchtrennt und nun während der Athemkrämpfe die Nn. laryngei mit intermittirenden Schlägen gereizt, so gelang es während der Inspiration den Krampf zu unterbrechen und eine Exspiration auszulösen, andererseits, während der Athempause diese zu verlängern. Wurde die Reizung längere Zeit fortgesetzt, so erhielt man statt der Athemkrämpfe, wie bei directer Reizung der Med. oblongata, reguläre Athmung. Diese aber unterschied sich wesentlich sowohl von der Athmung, welche man bei

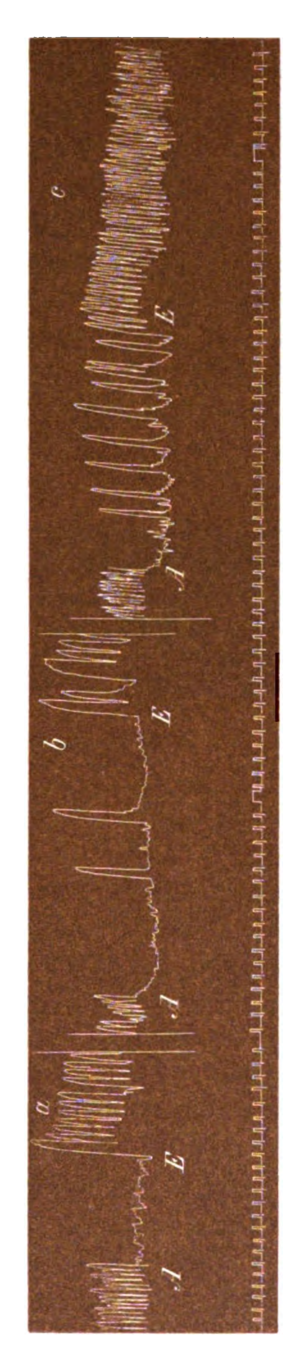


Fig. 35.

Zwerchfellathmung eines Kaninchens während Reizung der Laryngei sup. mit stärkeren und schwächeren intermittirenden Strömen. *a* Reizung mit starken Reizen (1/30 Interv.), *b* Reizung mit mittelstarken Reizen (1/30″ Interv. 1 D.), *c* Reizung mit schwachen Reizen (1/30″ Interv.). Bei *A* Anfang. bei *E* Ende der Reizung.

directer Reizung der Med. oblongata wie von der, welche man bei Reizung der centralen Vagusstümpfe erhält. Es war eine rhythmische Unterbrechung der Inspirationskrämpfe mit verlängerter Exspiration und an Dauer wechselnden Pausen zwischen den einzelnen Athemzügen wie Fig. 37 zeigt. Durchtrennt man die Nn. vagi am Halse, während man gleichzeitig die Nn. laryngei super. reizt, so sinkt schon während der Durchschneidung des ersten Vagus das Zwerchfell in äusserste Exspirationsstellung und bleibt längere Zeit darin stehen, auch wenn nun der zweite Vagus abgetrennt wird. Es überwiegt demnach der Einfluss der gereizten Laryngei so, dass der Effect der Vagusdurchtrennung nicht zur Geltung kommt. Wird dann die Reizung unterbrochen, so geht das Zwerchfell, wie gewöhnlich, ganz allmählich in den Inspirationskrampf über, an welchen sich dann auch thoracale

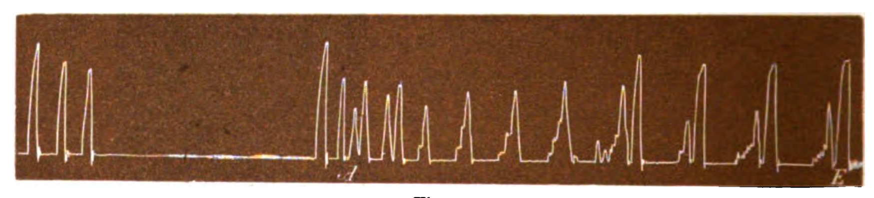


Fig. 36.
Reizung der Nn. laryngei super. während periodischer Athmung mit intermittirenden Strömen ($^1/_{30}$'' Interv. 60 E. 1 D.). Bei *A* Anfang, bei *E* Ende der Reizung.

Athmung anschliesst. Betrachtet man die Curven bei Reizung der Laryngei super. auf Fig. 36 und Fig. 37, so ist noch eine andere Thatsache bemerkenswerth. Man sieht jedesmal während des Reizes und sobald ein Schluckact erfolgt (den ja der gereizte laryngeus super. auslöst), ein kurzes Verschieben des Zwerchfells im inspiratorischen Sinne: es ist dies die sog. Schluckathmung, welche von Kronecker und Meltzer beobachtet, dann von Steiner und jüngst von Knoll näher beschrieben worden ist. Ihre Dauer beträgt 0,4—0,5 Secunden, ihre Höhe variirt von 2,1—2,8 ^{cm}. Da sie ausserdem noch besonders deutlich wird nach Abtrennung der Vagi, wo sonst nur Athemkrämpfe, keine kurzen Athembewegungen ausgelöst werden können, so ist es beinahe sicher, dass es sich bei den sog. Schluckathmungen um keine eigentliche Athmung handelt, sondern nur um eine passive Bewegung des Zwerchfells, bedingt durch die im Oesophagus in Folge des Schluckes ablaufende Con-

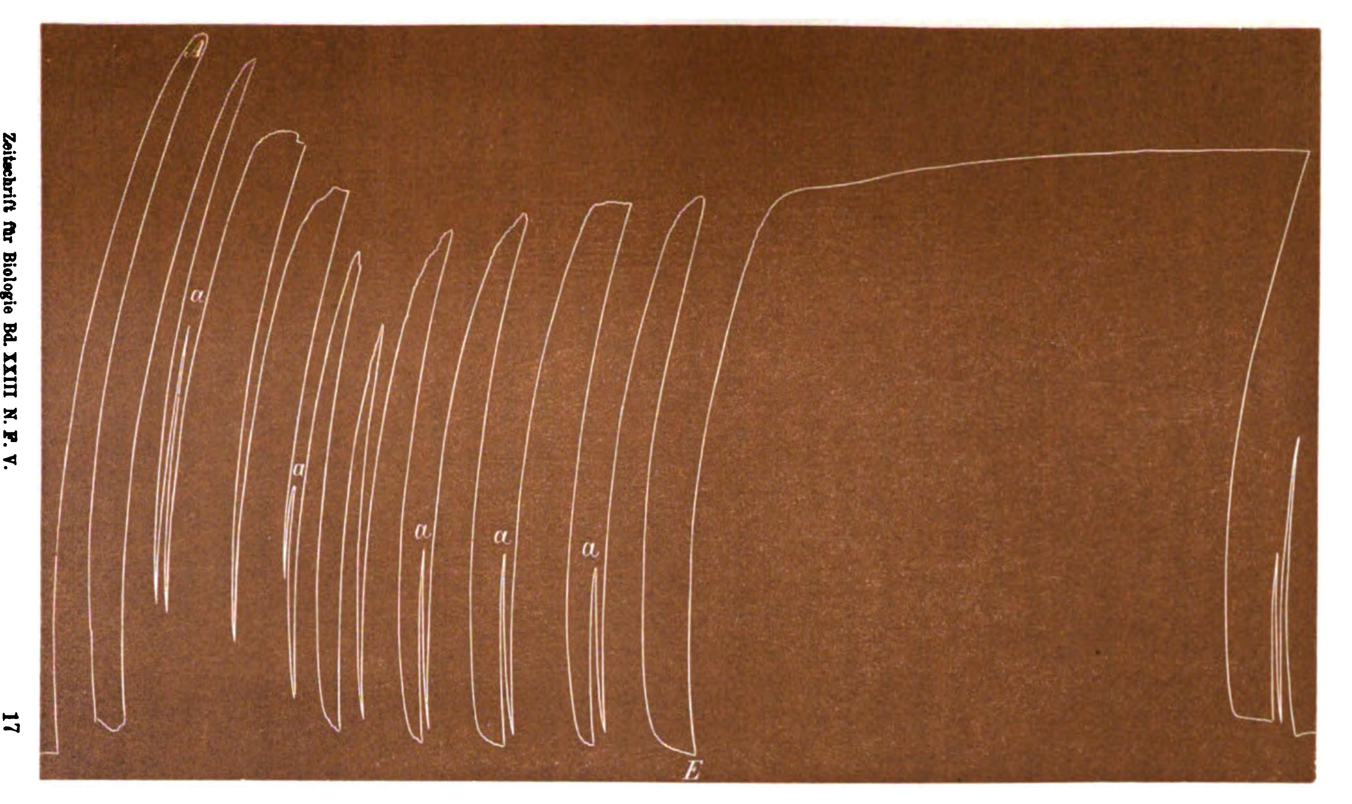


Fig. 37.

Reizung der Nn. laryngei sup. mit intermittirenden Strömen während eines Athemkrampfes nach Abtrennung der Vagi am Halse (1/30″ Interv. 500 E. 1 D. Bei *A* Anfang, bei *E* Ende der Reizung, *a*, *a* bezeichnen die sog. Schluckathmungen. Nach Schluss der Reizung ein Athemkrampf.

tractionswelle, welche das Zwerchfell mit nach unten zieht. — Die Nn. laryngei super. sind demnach wirkliche exspiratorische Nerven und unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf die Athmung von den sensiblen Nerven der Haut, indem sie ausnahmslos und in viel ausgesprochenerer Weise Ausathmung und Athmungsstillstand bewirken und dies noch thun, nachdem die Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums abgetrennt ist, in welchem Falle die Reflexe von der Haut fast ausschliesslich Inspirationsbewegungen oder ganze Athemzüge auslösen. Die Laryngei sup. unterscheiden sich ferner wesentlich von den Nn. glossopharyngei dadurch, dass sie den Stillstand der Respiration nur in Exspirationsstellung bewirken können; ihre Wirkung ist analog derjenigen der Trigemini und vielleicht der Splanchnici. In diesem Sinne mag man letztere Nerven „Exspirationsnerven", den Glossopharyngeus einen „Hemmungsnerven" der Athmung nennen. Wie Trigeminus, Splanchnicus und Glossopharyngeus ist auch der Laryngeus sup. bei der normalen Athmung unbetheiligt und tritt nur als Hilfsnerv auf; er besitzt keinen Tonus.

Dass man von den Nn. laryng. infer. ebenfalls exspiratorische Effecte erhalten kann, hat Burkart zuerst nachgewiesen, und haben nach ihm viele Forscher bestätigt, in letzter Zeit Knoll. Ob aber die Nn. laryngei infer. eine specifische Wirkung auf das Athemcentrum haben, wie die laryngei sup., oder ob sie sich nur wie andere sensible Nerven verhalten, muss noch nachgewiesen werden. Auch die Laryngei infer. besitzen keinen Tonus: ihre Durchtrennung ändert die Athmung in keiner Weise.

c) Reizwirkungen der Nn. vagi. Tonus derselben.

So kommen wir schliesslich zur Betrachtung der Wirkung der Nn. vagi auf die Athmung. Seit Haller's Zeiten sind die Vagi als die eigentlichen Athmungsnerven betrachtet worden; ihre Wirkung auf die Respiration gehört aber noch heute zu dem vielumstrittensten Problem der Physiologie und hat, wie wir gesehen haben, zu den merkwürdigsten Theorien über den Athmungsprocess geführt. Traube war der Erste, der auf Grund exacter Versuche die Wirkungsweise der Vagi auf die Athmung zu präcisiren suchte. Er sagt: „Es exsistiren in dem pneumogastrischen Nerven nicht allein motorische

Fasern, welche dem Larynx, Oesophagus etc. angehören, und sensible, deren Reiz Schmerz und exspiratorische Bewegungen (beim Vorhandensein der Hemisphären), sondern auch centripetale Fasern, deren Erregung unwillkürliche Inspiration erzeugt. Diese Lehre konnte diejenigen nicht überzeugen, welche bei Reizung der Vagi deutliche exspiratorische Effecte neben den inspiratorischen gesehen hatten; zumal die Behauptung Rosenthal's als irrthümlich erkannt wurde, dass die exspiratorischen Wirkungen vom Vagusstamme aus nur auf unipolarer Erregung des Laryngeus sup. beruhten. Man sah auch unterhalb der Laryngei sup. und bei Vermeidung aller Fehlerquellen noch Wirkungen im exspiratorischen Sinne und fand die Ansicht Rosenthal's, dass die Nn. vagi nur die Regulirung der Athmung bewirkten, nicht bestätigt. Besonders Gad wies nach, dass nach Ausschaltung der Vagi nicht nur die Vertheilung, sondern auch besonders die Athemgrösse sich ändere. Die Warnung Traube's, dass man die Wirkung der Vagi auf die Athmung nur dann prüfen dürfe, wenn die oberen Hirnbahnen ausgeschaltet wären, ging verloren. Man suchte nach allerhand complicirten Deutungen, um sich die Thatsache zu erklären, dass in einem Nerven zweierlei im entgegengesetzten Sinne wirksame Fasern thätig wären, und Miescher-Rüsch fordert noch heute von einer fertigen und vollständigen Theorie der normalen Athmung, „dass in ihr neben dem hemmenden und exspiratorischen auch der inspiratorische Vagusreflex eine nothwendige Stelle einnimmt.“ Die Hering-Breuer'sche Selbstregulirungstheorie der Lunge, sowie die Gad'sche Hemmungstheorie sind nicht im Stande die Schwierigkeit in der Deutung der Erscheinungen zu beseitigen, ebensowenig die von Anrep und Cybulski nicht bestätigte Meltzer'sche Beobachtung, dass der gereizte Vagus der männlichen Kaninchen inspiratorisch, der Vagus der weiblichen Kaninchen exspiratorisch wirke. — Knoll hat die Endigungen des Vagus in Bezug auf ihr Verhalten zur Athmung neuerdings noch einmal geprüft und theilt dieselben beim Kaninchen in zweierlei Fasern ein: die einen hemmen die Athmung in Exspirationsstellung; sie zweigen theils vom Hals-, theils vom Brustvagus ab und gehen zu Kehlkopf, Luftröhre und Plexus pulmonalis. Die anderen machen Inspirationen, sie gehen von den Rami tracheales inf. und pulmonales

zu den Brustorganen. Bei Hund und Katze enthält auch der Bauchvagus exspiratorisch hemmende Fasern.

Meine Reizversuche an centralen Vagusstümpfen von über 60 Kaninchen sind alle in der Weise ausgeführt, dass vorher die Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums quer durchtrennt wurde. Reizt man beide centralen Vagusenden gleichzeitig mit einzelnen mittelstarken und starken Inductionsschlägen, so sieht man Folgendes: Ist der Schnitt durch die Med. oblongata so gefallen, dass die alae cinereae ganz unverletzt geblieben sind, und lässt man die Reize während der natürlichen Athmung einwirken, so kann man in einer Reihe von Fällen, während der Exspirationsstellung eine Inspiration und während der Inspirationsstellung eine Exspiration auslösen, sogar mit einzelnen Schliessungsinductionsschlägen und so in beliebiger Frequenz Athembewegungen erhalten. Dem Auslösen einer Exspiration folgt häufig, auch ohne erneuten Reiz, unmittelbar eine neue Inspiration. In anderen Fällen, bei mittelstarken Strömen, gelingt es zwar beinahe ausnahmslos auf einen Reiz während der Exspirationsstellung eine Inspiration, während der Inspirationsstellung aber nur dann eine Exspiration auszulösen, wenn mehrere Einzelschläge in kleinen Intervallen gegeben worden sind, oder der Zeitpunkt einer natürlichen Athmung nicht fern ist. Lässt man dann eine Zeit lang künstliche Respiration einwirken, ohne Apnoe zu erreichen, so gelingt es bald nach Suspension der Athmung, auf einen einzelnen Oeffnungs- oder Schliessungsinductionsschlag eine ganze Athmung, zuweilen zwei unmittelbar auf einander folgende Athmungen zu erhalten. Während der Apnoe sind die Einzelreize unwirksam. Wenn bei Trennung der Med. oblongata eine theilweise Verletzung des Athemcentrums stattgefunden hat, und die Athmungen in langen Pausen, kurz, tief und krampfhaft erfolgen, so gelingt es zuweilen doch noch durch starke Inductionsschläge während der Athempause eine Respiration auszulösen; ja nicht selten geht dieser Bauchathmung eine Brustathmung voraus. Man kann demnach vom Vagus aus reflectorisch mit Einzelschlägen bei sehr erregbar gebliebenen Thieren einzelne tiefe und lange Athembewegungen, in anderen Fällen, bald Inspiration, bald Exspiration erhalten, überwiegend Inspiration. Niemals aber war die durch Reizung ausgelöste Exspiration activ.

Wenn man die centralen Vagusstümpfe mit rasch auf einander folgenden Oeffnungsinductionsschlägen, also z. B. in $^1/_{20}$—$^1/_{26}$ Sec. Intervall reizte, so gelang es auch bei Thieren, welche gar nicht mehr selbständig athmeten, bei denen aber die abgetrennte Med. oblongata ohne Verletzung der Rautengrube geblieben war, z. B. nach Verblutung aus der Art. basilaris, selbst nach kürzester Tetanisirung mit mittelstarken Strömen, jedesmal reflectorisch eine tiefe und lange Athembewegung auszulösen (vergl. Fig. 38 A), oder auch, wenn man den Reiz längere Zeit einwirken liess, eine Reihe von

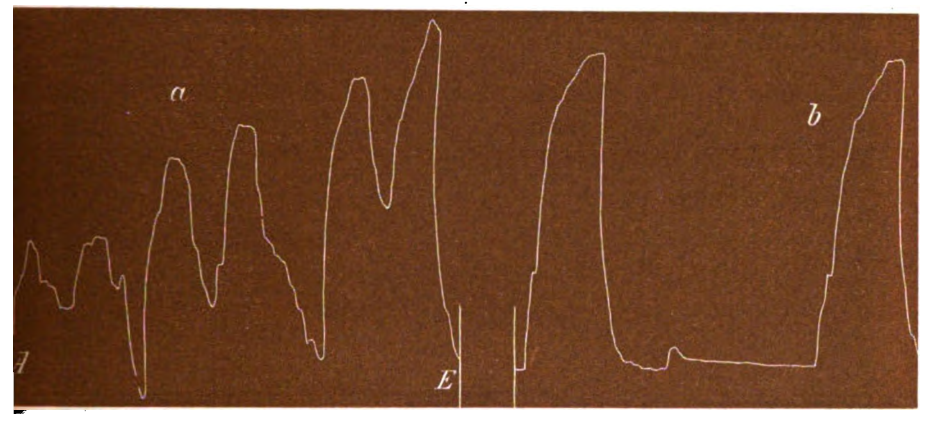


Fig. 38.
Künstliche elektrische Zwerchfellathmung bei einem verbluteten Kaninchen durch Reizung der centralen Vagusenden mit intermittirenden Strömen ($^1/_{25}$″ Interv.). *a* bei längerer Einwirkung der Ströme: Summationswirkung, *b* bei rhythmisch tetanisirender Reizung (alle 3 Secunden) abwechselnd rudimentäre und ausgiebige einzelne Athemzüge. *A* Anfang, *E* Ende der Reizung.

Athembewegungen, welche allmählich an Grösse anwachsen (Summation der Reize). Auf Fig. 38 A sind solche Athembewegungen verzeichnet. Auch in diesen Fällen sieht man das Ueberwiegen der Inspiration, indem Anfangs die Exspiration auf halbem Wege von der nächsten Inspiration unterbrochen wird, bis schliesslich ein ausgiebiges Ausathmen eintritt, aber ohne active Exspiration. Lässt man die tetanisirenden Reize ohne Pause während der natürlichen Athmung einwirken, so gelingt es bei kurzer Reizdauer, während der Exspirationsstellung stets eine Inspiration, auch während der Inspirationsstellung eine Exspiration auszulösen, besonders wenn die Zeit der natürlichen Ausathmung nicht fern ist. Schwächere tetanisirende Reize, während längerer Zeit unterhalten, können die

natürliche Einathmung derart verstärken, dass das Thier vergebens zu exspiriren versucht und dermaassen in Athemnoth geräth, dass die Brustathmung helfend eintritt. Während der Apnoe gelingt es durch tetanisirende Reize von kurzer Dauer stets, eine, wenn auch sehr unvollkommene, der normalen nicht ähnliche, Athembewegung zu erzielen. Die günstigsten Verhältnisse behufs reflectorischer Erregung der Athmung treten naturgemäss bei rhythmisch-tetanisirender Reizung der centralen Vagusstümpfe auf. Athmet das Thier nicht

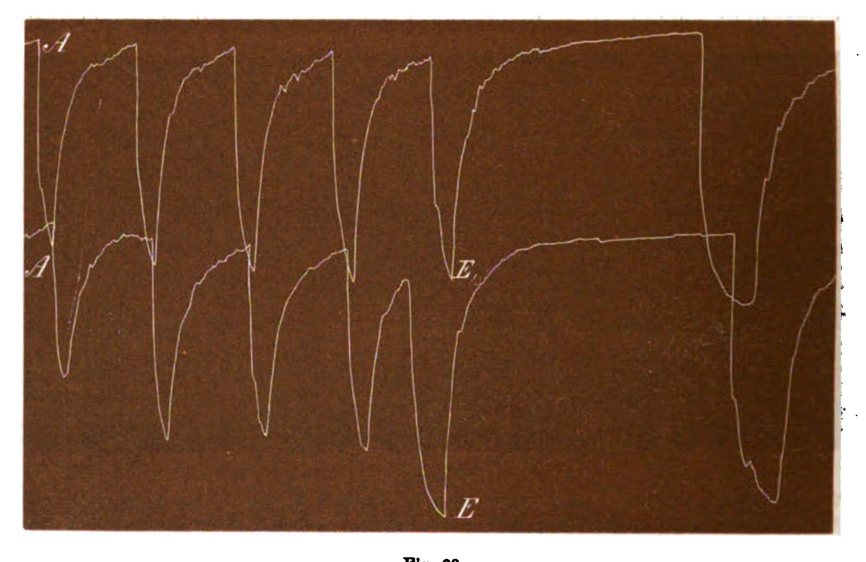


Fig. 39.
Reflectorische Auslösung der Athmung mittels rhythmisch (je 2″ lang) tetanisirender Reizung der centralen Vagusenden (1/30″ Interv.). *A* Anfang, *E* Ende der Reizung. Ohne Reiz Athemkrämpfe 6 pro Minute, mit Reiz 30 Athmungen pro Minute.

mehr selbständig, wie nach Verblutung, so entspricht hier jeder Reizperiode eine Athmung, welche Anfangs klein, allmählich anwächst, bis zum Auslösen einer normal tiefen und langen, worauf die Reihe von Neuem beginnt (Fig. 38 B). Während natürlicher Athmung gelingt es bei gehöriger Abstufung der Reize in Bezug auf Intensität und Dauer, z. B. bei Anwendung eines mit zwei Daniell'schen Elementen bespannten du Bois-Reymond'schen Schlitteninductorium (etwa 4000 Windungen der secundären Spirale) mit einem Rollenabstand von 20—15^{cm}, während die Helmholtz'sche Nebenschliessung Oeffnungs- und Schliessungsinduction gleichartig

macht und der mit der primären Rolle verbundene Kronecker'sche Interruptor auf 20 oder auf 26 Schwingungen pro Secunde eingestellt ist und wenn jede dritte Secunde ganz kurze Zeit gereizt wird, tiefe und lange Athembewegungen in regelmässiger Aufeinanderfolge zu erhalten, wie sie auf Fig. 39 und Fig. 40 abgebildet sind. Wenn man das Thier so mittels elektrischer, reflectorisch wirkender Reize längere Zeit hat athmen lassen, so modificiren sich öfter die folgenden selbständigen Athemzüge in derselben Weise wie die auf Reizung erzielten und erst nach einiger Zeit tritt die vor der Reizung bestandene natürliche Athmung wieder ein (Fig. 41). Meistens freilich

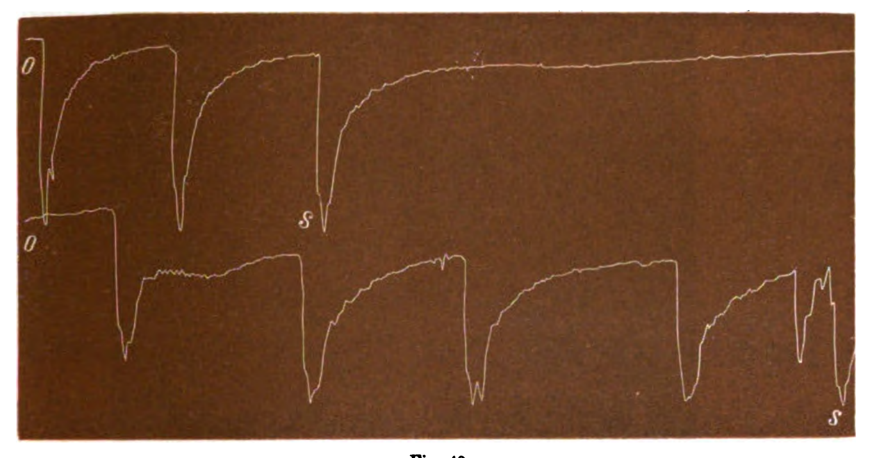


Fig. 40.
Reflectorische Auslösung der Athmung mittels rhythmisch (je 3″ lang) tetanisirender Reizung der centralen Vagusenden (1/30″ Interv.). *A* Anfang, *E* Ende der Reizung. Während der Reizung 6 Athmungen pro 1 Minute, vor und nach der Reizung etwa 1 Athmung pro 1 Minute.

sieht man mit dem Aufhören der rhythmischen Reizung die Inspirations- und Exspirationskrämpfe in alter Weise auftreten, bis man von Neuem die regelmässige, künstliche, elektrisch ausgelöste Athmung einleitet. Auch bei tiefer Durchschneidung der Med. oblongata, also unvollkommener Athmung, gelingt es in den Respirationspausen, durch rhythmisch-elektrische Reizung zwischen den selbständigen Athmungen künstliche auszulösen, sowie die selbständigen zu verstärken. War die Athmung nach Durchtrennung der Med. oblongata periodisch, so verschwanden, wie erwähnt, die Perioden nach Abtrennung der Vagi und konnten durch rhythmisch-elektrische Reizung der centralen Vagusstümpfe nicht mehr hervorgebracht werden, viel-

Fig. 41.
Modification der Athemkrämpfe nach längerer Einwirkung rhythmisch tetanisirender Reize der centralen Vagusenden. *O* Beginn, *S* Schluss der Reizung.
($^1/_{20}$″ Interv. 50 E. 2 D.)

mehr trat, wie sonst, regelmässige Athmung ein. Während der Apnoe erhält man, bei selbiger Reizung, ganz oberflächliche, langgedehnte Zwerchfellbewegungen, während welcher das Zwerchfell allmählich in Inspirationsstellung (erhöhten Tonus) übergeht. Dann wachsen diese Bewegungen an, um zur Zeit des Eintrittes der natürlichen Athmung, in tiefe und lange regelmässige Athemzüge überzugehen. Nie traten im Verlaufe der rhythmischen oder continuirlichen Reizung der centralen Vagusstümpfe active Exspirationsbewegungen auf, vielmehr verschwanden dieselben, wenn sie vorher bestanden hatten. Wie man auf Fig. 40 und Fig. 41 sieht, verläuft die durch rhythmisch-tetanisirende Reize erregte künstliche Athmung so, dass die einzelnen Athemzüge ohne jede Pause auf einander folgen, die Exspiration ganz kurz ist, wie bei natürlicher Athmung der Thiere. Dies ist die

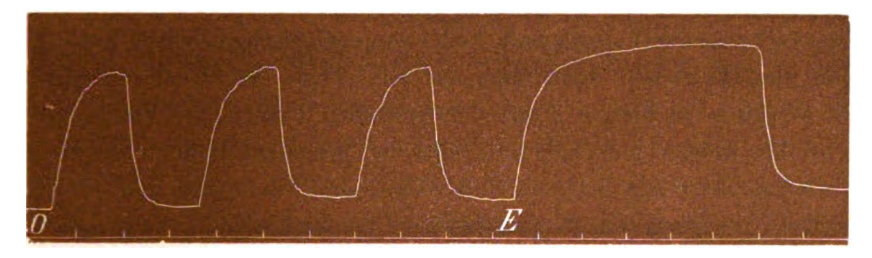


Fig. 42.
Athmung mit Exspirationstypus in Folge intermittirender (alle 3″) Tetanisirung der Vagi (1/100″ Interv.).
***E* Ende der Reizungen**

Regel. Eine Ausnahme bilden nur jene Fälle, in denen die natürlichen Athemkrämpfe bereits von langen Pausen unterbrochen waren (längere Zeit nach Abtrennung der Med. oblongata, tiefe Abtrennung etc.). In diesen Fällen tritt auch bei künstlich elektrischer Athmung eine Pause zwischen den einzelnen Athemzügen auf, d. h. die Exspiration erscheint verlängert; sie ist aber auch dann nie activ, wie Fig. 42 zeigt. Nie gelang es aber sonst durch elektrische reflectorische Reize von den centralen Vagusstümpfen aus, die Exspiration oder die Athempause zu verlängern, während die Auslösung der Exspiration und besonders der Inspiration beschleunigt wurde. Dieses Verhalten der Nn. vagi ist, wie man sieht, von dem der Nn. laryngei durchaus verschieden. Bei elektrischer Reizung der Laryngei wurde nicht allein die Inspiration stets und sofort unterbrochen und eine

Exspiration ausgelöst, sondern Exspiration und Athempause konnten auch bedeutend verlängert werden; und während die bei den Laryngeis durch rhythmisch-elektrische Reize ausgelöste Athmung aus kürzeren Inspirationen, längeren Exspirationen und in der Dauer wechselnden Athempausen bestand, ist umgekehrt die durch Reizung der centralen Vagi erregte Respiration aus langen Inspirationen und kurzen Exspirationen zusammengesetzt, inzwischen die Athempause meistens ganz verschwindet. Die Athmung in Folge rhythmisch-elektrischer Reizung der Vagi entspricht, bei unversehrten Vaguskernen, genau derjenigen, wie sie im gleichen Falle bei directer Reizung der Med. oblongata auftritt; nur dass es bei den Vagis besser gelingt, die Reize abzustufen, die Athmung frequenter und der normalen ähnlicher zu erhalten.

Was können und müssen wir aus diesen Reizversuchen schliessen? Erstens, dass der Vagusstamm keine exspiratorischen Fasern enthält und dass Traube, wenn auch nur zum Theil, Recht hat, wenn er die Wirkung in diesem Sinne den sensiblen Fasern des Vagus zuschreibt, welche in Verbindung mit den sensiblen Bahnen des Gehirns von dort aus Schmerz und Ausathmung hervorbringen. Nach meinen Versuchen enthält aber zweitens der Vagus auch keine eigentlichen inspiratorischen Fasern. Man kann durch Erregung seines centralen Endes sowohl Inspiration als auch Exspiration auslösen, wenn auch vorwiegend Inspiration. Das von seinen centripetalen Bahnen losgelöste Athemcentrum, welches nur noch mit seinen Phrenicis in Verbindung steht, ist, wie ich gezeigt habe, automatisch thätig, aber es ist nicht im Stande, normale Athemzüge auszulösen, sondern nur Athemkrämpfe. Es fehlt ihm die Erregung von der Peripherie aus, wodurch die in ihm sich anhäufenden Reize zu rhythmischer Entladung gebracht werden. Letzteres besorgt bei der normalen Athmung der Vagus. Der Vagus ist in constanter Erregung; er besitzt, wie die Durchtrennungsversuche gelehrt haben, einen Tonus. Der Vagus führt demgemäss dem Athemcentrum continuirlich Erregungen zu, durch welche die Auslösung der Exspiration und Inspiration erleichtert wird. Dass continuirliche Erregungen rhythmische Entladungen zur Folge haben, ist eine allgemeine Eigenschaft normaler Nervencentra. Ich brauche nur an die rhythmische Bewegung

am Schenkel des Reflexfrosches bei continuirlicher Reizung seiner Haut mit Säure (vgl. Fig. 17 S. 187) zu erinnern und an andere dort gegebene Beispiele. Es beantwortet das normale Rückenmark jede continuirliche Reizung mit rhythmischer Bewegung, während das strychnisirte die Anhäufung der inneren und äusseren Reize begünstigt und verbreitete Krämpfe erregt. In ähnlicher Weise vermag das von seinen centripetalen Nervenbahnen losgelöste Athemcentrum lediglich Athemkrämpfe auszulösen; in Verbindung mit seinen Vagis setzt es continuirliche Reize in rhythmische Bewegung um. Es ist also der Vagus weder ein Inspirations-, noch ein Exspirationsnerv; er ist auch kein regulirender Nerv im Sinne Rosenthal's, noch viel weniger ein Hemmungsnerv der Athmung, wie Gad meint, sondern ein Entlader, welcher verhindert, dass die Spannung im Athemcentrum in unnatürlicher Weise wachse.

d. Innervation der Athemmuskeln des Thorax.

Im Verlaufe dieser Auseinandersetzungen habe ich öfter darauf aufmerksam gemacht, dass unter verschiedenen Umständen: wenn das geköpfte Thier mit durchschnittenen Vagis stark dyspnoisch geworden war, bei sehr langem Inspirationstetanus, bei Druck eines Blutextravasates auf den vierten Ventrikel, bei anwachsender Dyspnoe kurz vor dem Tode, sich während der Zwerchfellinspirationsstellung Brustathmung entwickelte; es galt nun zu untersuchen, ob und welcher Art auch diese Athemmusculatur vom Vagus aus in Thätigkeit versetzt werden konnte. Demgemäss wurde bei den Thieren mit abgetrennter Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums das Zwerchfell durch Trennung der Phrenici gelähmt. Die Athmung wurde ausschliesslich costal, der Typus aber blieb derselbe: lange Inspirations-, kürzere Exspirationskrämpfe, jetzt gefolgt von langen Athempausen. Wurden nun die centralen Vagusenden mit tetanisirenden Schlägen gereizt, so gelang es, während der Thorax-Exspirationsstellung eine Inspiration und zuweilen während der Inspirationsstellung eine Exspiration auszulösen, und zwar bei demselben Rollenabstande, wie vor Durchschneidung der Phrenici. Um aber, wie bei der Bauchathmung, durch intermittirende Reizung eine rhythmische Athmung zu erzielen, mussten die Ströme nicht allein verstärkt werden, sondern

es löste auch nicht jede Reizperiode eine Athembewegung aus; oft waren hierfür zwei Reizperioden erforderlich. Es erwies sich also die Hilfsathemmucsulatur reflectorisch schwerer erregbar als das Zwerchfell.

V. Die Ursachen der Erregung des Athemcentrums.

Im Eingange von Kapitel IV ist schon eine historische Uebersicht der wesentlichsten Anschauungen über die Ursachen der Athmung gegeben worden. Wir kamen leider zu der Ueberzeugung, dass keine der aufgestellten Ansichten als eine vollkommen befriedigende Erklärung gelten kann. Auch durch unsere Untersuchung wird das grosse Räthsel dieser mächtigen Lebensfunction nicht vollkommen gelöst. Doch mag es auch nicht werthlos sein, den Kreis der möglichen Anschauungen einzuengen. Wenn man von Haller's Theorie absieht, wonach die wollende Seele die Athmungen anregt, so sind demnächst diejenigen Hypothesen zu berücksichtigen, welche dem Blute die athmungserregenden Kräfte zuweisen. Haller, welcher meinte, dass die einzelnen Herzabtheilungen vom einströmenden Blute in der Reihenfolge, wie sie gefüllt werden, zur Contraction angeregt werden, hat das Blut als primum movens der Respiration darum nicht gelten lassen, weil der Foetus nicht athmet, obwohl sein circulirendes Blut längst die Athemnerven umspült. Haller's Theorie von der Herzerregung ist gefallen, weil man fand, dass auch das ausgeschnittene, blutfreie Herz noch lange zu schlagen vermöge. Darf man hiernach nicht fragen: ist ohne Blut keine Athmung möglich? Viele Erfahrungen haben gelehrt, dass das Centralnervensystem, also auch das Athemcentrum, schnell seine Lebenseigenschaften einbüsst, wenn die Blutcirculation in ihm unterbrochen wird. Im Verlaufe dieser Arbeit habe ich selbst eine Reihe Angaben über die Folgen der Anämie der Med. oblongata gemacht. Diejenigen aber, welche annehmen, dass für jede kleine Reihe von Athemzügen ein neuer Impuls von Seiten des Blutes nöthig ist, müssten nachweisen, dass Thiere, bei denen der Blutkreislauf aufgehoben ist, immer sogleich ihre Athmung einstellen. Dies ist nun durchaus nicht der Fall. Nicht nur Frösche und andere poikilo-

therme Thiere können noch lange Zeit athmen, nachdem ihnen das Herz ausgeschnitten ist, sondern auch bei Säugethieren sieht man unter Umständen eine halbe bis eine ganze Stunde lang Respirationsbewegungen erfolgen, nachdem der Kreislauf völlig sistirt hat. „Etiam evulso corde potest respiratio superesse“ sagt bereits Haller auf Grund von Experimenten des Pechlin Traube unterschied daher in seinen „Vorlesungen“ direct Herztod und Athmungstod. Die oben S. 202 ausführlich mitgetheilten Versuche von Volkmann geben einen ganz directen experimentellen Beweis dafür, dass die Circulation nicht unentbehrlich ist für das längere Fortbestehen von Athmungen. Sein Kätzchen respirirte ja, nachdem beide Lungen unterbunden waren und somit der Kreislauf völlig unterbrochen, noch 40 Minnten lang in regelmässiger Weise. Ich selbst habe gelegentlich oft ähnliche Beobachtungen machen können. So sah ich bei einem Hunde, welcher nach einem Blutdruckversuche durch einen Stich in das Coordinationscentrum der Herzventrikel getödtet war, Athmungen weiter gehen, obwohl das Herz flimmerte und die künstliche Respiration unterbrochen war. Hierauf wurde das Aortensystem von der Carotis aus mit Paraffin injicirt, welches, wie die Autopsie lehrte, alle Hauptäste gefüllt hatte. Dessen ungeachtet machte der Hund noch mehrere Minuten lang in regelmässigen grossen Intervallen Athmungen. Dasselbe hatte ich häufiger Gelegenheit bei verbluteten Thieren (sowohl bei Hunden als Kaninchen) zu sehen, zumal, wenn sie vorher längere Zeit aufgebunden waren. In solchen Fällen bemerkte ich auch, wie oben erwähnt, dass, wenn die spontane Athmung bei entbluteten Thieren erloschen war, durch Reizung der centralen Vagusenden am Halse wiederum Athembewegungen ganz regelmässiger Art hervorgerufen werden konnten (vgl. S. 249). Noch jüngst hatte ich Gelegenheit, einen Versuch anzustellen, welcher in evidenter Weise zeigte, dass das Athemcentrum ohne circulirendes Blut regelmässig fungiren kann. Es war dies bei dem schon vorher (S. 220) erwähnten Murmelthiere, welches am Ende des Versuches aus den beiden geöffneten Carotiden verblutet worden, bis kein Blut mehr aus denselben floss. Trotzdem blieben die Athmungen, wie bereits mitgetheilt, einige Minuten fast völlig unverändert; allmählich wurden sie flacher und seltener, dauerten

aber in einer Frequenz von etwa einer Respiration pro Minute (ungefähr so selten, wie sie am Anfange des Versuches gewesen waren) noch etwa eine halbe Stunde lang an. Auch dadurch, dass das Herz herausgeschnitten war, änderte sich die Athmung nicht wesentlich. Noch weniger als das gesammte Blut ist der Sauerstoffgehalt desselben für die Athemauslösungen nöthig. Nachdem Kronecker und Mac Guire gefunden hatten, dass das Froschherz mit entgastem Blute ebenso kräftig schlägt, wie im sauerstoffhaltigen, während asphyktisches Blut es bald schlaglos macht, stellten Kronecker und Sander bei Hunden und Kaninchen eine Reihe von Eiweiss-Infusionsversuchen an, um deren Einfluss auf die Athmung zu prüfen. Diese Versuche führten zu den bekannten lebenrettenden Infusionen von Kochsalzlösungen. Die Resultate, welche die Athmungsauslösung betreffen, sind bisher nicht veröffentlicht worden. Mit Erlaubniss von Herrn Kronecker theile ich nach seinem Berichte hier das Wesentliche mit. Hunde vertrugen den Ersatz von $^2/_3$ bis selbst $^3/_4$ ihres Blutes durch 0,6 % Kochsalzlösung. Die Athmung, welche nach der Blutung vor der Infusion aufgehört hatte, begann während der letzteren und hob sich bald derart, dass sie oft nach einigen Minuten, stets aber am nächsten Tage normal war. Infusionen von Syntoninlösungen verhielten sich den Kochsalzlösungen gleich, vielleicht sogar schienen die Thiere erstere schlechter zu vertragen. Peptonlösungen wirkten, wie dies nach Fano's Berichten zu erwarten war, sehr nachtheilig, selbst deletär. Hingegen konnte man durch Hunde- oder Pferdeserum eine noch grössere Menge von Blut ohne Schaden für das Thier ersetzen als mit Kochsalzlösung; auch dann verhielt sich die Athmung dauernd normal. Besonders schlagend aber dürfte der bekannte Versuch von v. Ott sein, bei dem einem Hunde $^{14}/_{15}$ des Gesammtblutes entzogen worden und durch Blutkörperchenfreies Pferdeserum ersetzt worden war. Die Blutkörperchenzählungen an Blutproben aus grösserer Vene des lebenden Hundes ergaben im Mittel auf ein Feld des Quadratmikrometers folgende Reihe:

vor der Blutentleerung	65,40	Blutkörperchen
1 Tag nach Verblutung und Seruminjection	1,17	„
3 Tage „ „ „ „	1,60	„

5	Tage	nach	Verblutung	und	Seruminjection	2,82	Blutkörperchen
7	„	„	„	„	„	4,13	„
10	„	„	„	„	„	13,17	„
13	„	„	„	„	„	17,11	„
16	„	„	„	„	„	24,55	„

Aus dieser Tabelle ergibt sich, dass durch das Serum noch eine grosse Zahl von Blutkörperchen des Hundes zerstört worden war, übereinstimmend mit Landois' Befunden. Auch liess der ziemlich bedeutende Gehalt des Harnes an Gallenfarbstoff in den ersten Tagen nach der Infusion auf Zersetzung von Hämoglobin schliessen. Es besass also der Hund in den ersten Tagen nach der Seruminfusion nur $^1/_{55}$ seiner rothen Blutkörperchen. Der Sauerstoff des Blutes findet sich aber fast ausschliesslich in den Blutkörperchen, was Pflüger nachgewiesen hat, indem er zeigte, dass das Serum des Hundes nur 0,1 bis 0,2 Volumproc. Sauerstoff enthält, das arterielle Blut aber 15 bis 20 Volumproc. Demzufolge besass v. Ott's Hund nur den 55. Theil seines Sauerstoffs, während nach den Bestimmungen von Setschenow und Holmgren das Blut erstickter Hunde noch 3 % Sauerstoff enthält, also etwa $^1/_6$ des mit Sauerstoff gesättigten Blutes. Der Serumhund litt nun vom ersten Tage ab nicht an Athemnoth, war nur anfänglich somnolent und schwach, zeigte aber schon am dritten Tage ein vollkommen normales Verhalten. Mit diesen Erfahrungen scheint es unvereinbar, dass grosser O-Mangel Athemnoth, eine normale Sauerstoffschwankung, die normalen Athmungsantriebe verursache. Auch der Antrieb zur Athmung durch Kohlensäure kann nach diesen Anseinandersetzungen nicht für die normale Athmung in Anspruch genommen werden, denn ohne Blutkreislauf ist ein Gaswechsel im Athemcentrum kaum anzunehmen, es müssten also durch Anämie dyspnoische Krämpfe hervorgerufen werden, wogegen Gad in seiner neuesten Mittheilung richtig hervorhebt, dass bei der Verblutung die Athemzüge erheblich verlangsamt werden, und zwar nicht durch inspiratorischen Tonus getrennt sind, sondern den Thorax in Ruhestellung zurückkehren lassen.

Die wechselnde Spannung des Lungengewebes, welche unzweifelhaft die Vagusenden in wechselnde Erregung zu bringen ver-

mag, wie die berühmten Hering-Breuer'schen Versuche nachgewiesen haben, ist ebenso unzweifelhaft nicht nothwendig für das Zustandekommen regulärer rhythmischer Athmung, denn wie schon Haller hervorgehoben hat und wie jeder Experimentator bestätigen kann, machen auch Thiere mit geöffneten Pleuraräumen reguläre Athembewegungen und die mehr erwähnten Volkmann'schen Versuche lehren, dass dieselben auch nach Abtrennung der Lunge fortbestehen. Was bleibt nun neben dem vielen Negativen noch Positives?

Im Kapitel III ist gezeigt worden, dass Antriebe des Athmungscentrums übrig bleiben, auch wenn die centripetalen Innervationswege abgetrennt sind. Doch ist dann der Respirationstypus ganz abnorm, krampfartig. Es müssen also reguläre Antriebe, die wie schon erwähnt, keineswegs rhythmisch zu sein brauchen, von sensiblen Ausbreitungen unterhalten werden, und zwar ist ebenfalls oben gezeigt worden, dass hierbei in erster Linie die Lungenendigungen der Vagi in Betracht kommen, in zweiter Linie Gehirntheile. Die im Athemcentrum selbst wirksamen Reize mögen gleicher Natur sein, wie diejenigen, welche das isolirte Herz anregen: viellecht Zersetzungsproducte der intercellulären Säfte. Damit stimmen die neuesten Versuche von Langendorff, welche eine Säurung der thätigen Gehirnsubstanz erweisen und spricht hierfür, dass intensive Erregungen des Athemcentrums durch ausgiebige Ventilation des circulirenden Blutes nur ganz allmählich gemindert werden können, in einer Zeit, während welcher wohl Restitutionsprocesse im Gewebe sich ausgebildet haben können.

VI. Apnoe.

Eine künstliche Athmung scheint zuerst Vesal gemacht zu haben, indem er einem sterbenden Thiere Luft einblies und so den Herzschlag wieder herstellte. Nach Burdon-Sanderson war Hook der erste, welcher eine Apnoe bei Hunden demonstrirte und zwar im October 1667 vor der Royal society zu London. Hook öffnete die Brust eines Hundes und dehnte die Lunge vermittelst eines Blasebalges aus. Um einen constanten Luftsrom in letzterer zu erhalten, punktirte er die Lunge an ihrer Oberfläche. Er fand, dass „obwohl die Augen in der ganzen Zeit sehr lebhaft waren und das Herz

regelmässig schlug, die Athembewegungen vollständig aufhörten". — Eine der wesentlichsten Stützen der Athemtheorie Rosenthal's, dass der Sauerstoffmangel des Blutes erregende Ursache der Athembewegungen sei, lag in dem Versuche, bei Thieren durch methodische Einblasungen atmosphärischer Luft einen Zustand der Athemlosigkeit hervorzubringen, welcher längere Zeit, bis 5 Minuten und darüber, dauerte und nicht durch Reizung der centralen Vagi unterbrochen werden konnte. Während dieses Zustandes, welchen Rosenthal mit Apnoe bezeichnete, sollte das Blut mit Sauerstoff übersättigt sein, demnach die natürliche Erregung des Athemcentrums wegfallen. Diese Anschauung Rosenthal's fand viele Gegner. Die von Pflüger zuerst versuchte Erklärung, dass durch erhöhte Sauerstoffspannung bei der Apnoe Gelegenheit zu vollständigerer Zerstörung der reducirenden Stoffe in den Geweben gegeben sei, so dass nachher, wegen Mangels solcher Stoffe vorübergehend weniger Sauerstoff consumirt werde, konnte später von Pflüger selbst und seinen Schülern nicht aufrecht erhalten werden. Thiry bereits hatte gefunden, dass man auch durch Einblasen eines Gemisches von gleichen Theilen Luft und Wasserstoffgas Athemstillstände erzielt. Hering, der die Blutgase während der Apnoe untersuchte, fand im Arterienblute apnoischer Katzen im Mittel nicht mehr, eher weniger Sauerstoff, als bei normal athmenden Thieren, jedoch die Kohlensäure bedeutend (bis auf die Hälfte) vermindert. Ewald constatirte, dass, obwohl die Apnoe Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes bedingt, eine Sättigung der Gewebe mit diesem Gase dabei nicht erzielt wird. Der Sauerstoffverbrauch ist in der Apnoe weder grösser noch kleiner als im gewöhnlichen Zustande. Das Venenblut dagegen enthält viel weniger Sauerstoff als es im normalen Blute hat, so dass, wenn man bedenkt, dass die überwiegende Masse des Gesammtblutes Venenblut ist und dass das Arterienblut wenig mehr Sauerstoff enthält als in der Norm, man nach Ewald zu der „paradoxen Folgerung kommt, dass der Körper während der Apnoe ärmer an Sauerstoff ist, als während des Normalzustandes". Auch Filehne sah, dass nicht nur das Venenblut, sondern auch das Arterienblut dunkler als normal werden kann, bevor nach der Apnoe endlich der erste Athemzug erscheint. Aber auch andere Bedenken machten

sich gegen die Theorie Rosenthal's geltend. So meinte Brown-Séquard, dass nach doppelter Vagotomie durch Lufteinblasungen keine Apnoe mehr zu erreichen wäre, und betrachtete die Apnoe als eine Reflexhemmung durch mechanische Vagusreizung bedingt. Auch Rosenbach und Filehne konnten bei vagotomirten Thieren eine Athemruhe nur viel schwieriger und für kürzere Zeit erzielen, als bei Thieren mit erhaltenen Nerven. Weiter beobachtete Knoll, dass bei intacten Thieren die Athmung nach der Apnoe erst dann wieder auftrat, wenn andere Organe schon deutliche dyspnoische Erscheinungen zeigten, z. B. Pulsverlangsamung, Blutdrucksteigerung, Darmbewegungen eintraten. Die Apnoe setzte also nach Knoll die Erregbarkeit des Athemcentrums herab. Stellte er den Kussmaul-Tenner'schen Versuch im apnoischen Zustande des Thieres an, so beobachtete er im Gegentheil zu Rosenthal keine Athembewegungen, sondern Athemkrämpfe, welche unvermittelt auftraten und ebenfalls für die herabgesetzte Erregbarkeit des Athemcentrums sprachen. Wurden die Vagi während der Apnoe durchtrennt, so traten, wie Gad beobachtete, ebenfalls keine Athembewegungen auf, sondern es machten sich nur vorübergehende reflectorische Erregungen geltend. Dagegen sah auch Knoll nach Durchschneidung der Vagi nur seltenvollständige Apnoe. Zur absoluten Apnoe ist nach ihm mindestens Integrität eines Vagus Bedingung. Man kann aber, wie Knoll meint, die Vagusdurchtrennung durch künstliche Vagusreizung ersetzen, und soll solche zur Verminderung der Erregbarkeit des Athmungscentrums beitragen. Miescher-Rüsch fand, dass soweit die Apnoe mit Blutgasen überhaupt etwas zu schaffen habe, einzig und allein die Kohlensäure des Blutes in Betracht käme. Er unterscheidet eine Apnoea vera, welche auch nach Ausschaltung des Vaguseinflusses, als völliger Stillstand oder auch blosse Abschwächung der Athemzüge auftrete, und von der Verminderung des Kohlensäurereizes im Athemcentrum herrühre, und eine Apnoea vagi, einen von den Lungenfasern ausgehenden Hemmungsreflex. Letztere ist nach Miescher nur ein Specialfall der exspiratorischen Athemstillstände, wie sie von den Nn. laryngei, von den Trigeminusfasern etc. ausgelöst werden, und die man als Apnoeae spuriae zusammenfassen kann.

Hat man bei einem Kaninchen durch Abtrennung der Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums und Unterbindung der Vagi am Halse die bekannten Athemkrämpfe erhalten und leitet dann künstliche Respiration in sehr ausgiebiger Weise ein, so kann man diese Einblasungen 1/2 Stunde lang und länger fortsetzen, ohne Apnoe zu erzielen, trotzdem das Blut zweifellos in dieser Zeit mit Sauerstoff gesättigt ist. Während der ganzen Dauer der künstlichen Athmung bestehen aber die Athemkrämpfe fort und kennzeichnen sich in höchst merkwürdiger und charakteristischer Weise. Zur Zeit der natürlichen Exspiration und der Athempause folgt das Zwerchfell widerstandslos den Einblasungen, und macht deren rhythmische Bewegungen mit. Sobald aber der Inspirationskampf eintritt, verharrt das Zwerchfell in demselben, wie ohne künstliche Athmung, und selbst sehr ausgiebige Einblasungen vermögen nicht, denselben zu überwinden, sondern nur ganz flache Excursionen des Zwerchfells in der Krampfstellung hervorzubringen. Ist der Krampf vorüber, so folgt das Zwerchfell von Neuem ohne Widerstand der künstlichen Ventilation. Die Form dieser merkwürdigen Athmung ist auf Fig. 43 sichtbar. Dieses Spiel zwischen Krampf und passiven Bewegungen des Zwerchfells dauert während der ganzen Zeit der künst-



Fig. 43.
Künstliche Respiration nach Durchtrennung der Med. oblongata oberhalb des Athemcentrums und der Vagi am Halse. Athemkrämpfe: *a* ohne künstliche Respiration, *b* während künstlicher Respiration; bei *K*, *K* Inspirationskrämpfe.

lichen Einblasungen unverändert fort, trotzdem die Lüftung der Med. oblongata gewiss eine ausgiebige genannt werden muss. Unterbricht man die künstliche Athmung, so zeigen sich die ursprünglichen Athemkrämpfe sofort in unverhüllter Form wieder. Lange Zeit glaubte ich, dass solche Thiere überhaupt nicht apnoisch zu machen wären. Das ist nicht richtig. Es gelingt, bei besonders ausgiebiger und zumal sehr frequenter, lange fortgesetzter künstlicher Athmung auch bei geköpften und vagotomirten Thieren eine Apnoe herzustellen. Man sieht dann die Inspirationskrämpfe allmählich kürzer werden, bis sie endlich ganz verschwinden und das Zwerchfell schliesslich ganz widerstandslos den Einblasungen folgt. Fig. 43 zeigt solche immer kürzer werdende Krämpfe. Ventilirt man noch eine kleine Weile fort, und unterbricht nun die künstliche Athmung, so ist das Thier apnoisch und verharrt bis zu einer Minute in der Athemruhe; dann beginnt die Athmung sofort wieder mit erst kleineren, dann schnell anwachsenden Athemkrämpfen, niemals aber mit regulären Athembewegungen. Zur Zeit der Apnoe bleiben Reflexe von der Haut aus ohne Wirkung auf das Athemcentrum. Reizt man während der Apnoe die centralen Vagusstümpfe am Halse, so versagen, wie bereits S. 248 geschildert, Einzelreize ihre Wirkung, während intermittirende Reize öfter sehr flache und langgedehnte Zwerchfellbewegungen auslösen, welche den normalen Athembewegungen nicht ähnlich sind. Diese Athemkrämpfe während der künstlichen Respiration lehren, dass die Antriebe im Athmungscentrum nicht durch die Grösse des Gaswechsels quantitativ abgestuft werden. Da aber durch sehr langdauernde ausgiebige Lüftung die Krämpfe endlich zum Verschwinden gebracht werden konnten, so muss man annehmen, dass secundäre Producte des Stoffwechsels, welche durch den veränderten Gasgehalt des Blutes mittelbar afficirt werden, athemerregend wirken. Umgekehrt sind nach Suspension der Einblasungen die früheren intermittirenden Krampfzustände ziemlich plötzlich wieder eingetreten, lange bevor das Blut asphyktische Beschaffenheit angenommen hat. Durch die Gassättigungshypothese wird nicht erklärt, weshalb die Apnoe schwerer zu erreichen ist nach Abtrennung der Vagi, als wenn dieselben intact sind. Nach den eben mitgetheilten Erfahrungen erscheint die Vor-

stellung nicht unwahrscheinlich, dass die tonisirten Vagi nicht nur die Entladung der im Centrum aufgespeicherten Reize, sondern auch die Wegschaffung der erregenden Stoffe erleichtern. Ich wage nicht, diese Hypothese weiter auszuspinnen, etwa dem Vagus eine gefässerweiternde Wirkung im Gebiete der Med. oblongata zuzuschreiben. Es fehlen mir hierüber noch alle experimentellen Anhaltspunkte. Indessen ist ja die vasodilatatorische (depressorische) Wirkung der centripetalen Vagusfasern durch die berühmte Entdeckung von Cyon und Ludwig nachgewiesen worden. Nun fragt es sich, ob die Apnoe ein normaler oder abnormer Zustand ist. Wenn die Antriebe zur Auslösung der Athembewegungen nicht hinreichen, kann dies ja seine Ursache sowohl darin haben, dass die Erregbarkeit des Centrums abgenommen hat, als wie, dass die Reize unter den Schwellenwert gesunken sind. In der That sieht man ja in vielen Fällen, in welchen nachweislich die Erregbarkeit des Gehirns abgestumpft ist, einen der Apnoe analogen Zustand auftreten, so im Coma und bei manchen Vergiftungen durch Narcotica. Ich bin geneigt, auch die Apnoe des Fötus in diese Kategorie zu stellen. Dasselbe Blut, welches den Stoffwechsel im mütterlichen Athemcentrum normirt, durchströmt ja auch die nervösen Centralorgane des Fötus. Weshalb wird jenes erregt und bleibt dieses in Ruhe? Nehmen wir aber an, das Athemcentrum sei im Fötus minder erregbar, so könnte man fragen, weshalb fungirt es im Neugebornen? Freilich werden durch den Geburtsact selbst, durch die anfängliche Asphyxie und eventuellen peripheren Reize, Antriebe zur Athmung geschaffen; warum aber macht das Neugeborne durch die in Gang gesetzte Athmung sich nicht selbst gleich wieder apnoisch und versetzt sich so in einen Zustand, welcher dem Cheyne-Stokes'schen Bilde entspricht? Eine gewisse Aufklärung schafft uns in diesem Dunkel das gründlich studirte Verhalten des Froschherzens. Der Froschherzventrikel stellt bekanntlich seine Pulsationen ganz ein, wenn er durch eine Ligatur unterhallb des Sulcus von den Vorhöfen getrennt worden ist. Jeder Einzelreiz, welcher ihn trifft, löst dann nur eine Contraction aus. Wenn aber der mit Serum oder Blut gefüllte Herzventrikel eine längere Zeit vom Vorhofe abgetrennt geblieben ist, so beginnt er, wie Merunowicz gezeigt hat, auto-

matisch zu schlagen und gibt nunmehr den Schlag nicht auf, wenn man auch sauerstoffreiches Blut durch ihn leitet. Es scheinen also die einmal andauernd erregten Nervencentren den Erregungsantrieb schwer abzugeben.

Die durch diese Abhandlung gewonnenen Erfahrungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. In der Med. oblongata liegen, in inniger Verbindung mit den Vaguskernen, die Centra für die Athmung, und zwar: ein Inspirationscentrum und ein schwerer erregbares Exspirationscentrum. Bei normaler Athmung fungirt nur das Inspirationscentrum, während das Exspirationscentrum nur ausnahmsweise in die Erscheinung tritt (Hilfsathemcentrum).

2. Höher gelegene Centra für die Athmung gibt es nicht. Alle für die Exsistenz solcher Centra mitgetheilten Erscheinungen lassen sich ungezwungen als centripetale Erregungen der Med. oblongata erklären, die reflectorisch auf das Athemcentrum im IV. Ventrikel wirken. Direct gegen das Vorhandensein höher gelegner Centra spricht die Art und Weise, in welcher die Kopfdyspnoe auftritt und verschwindet.

3. Im Halsmarke verlaufen nur die centralen Bahnen der Athmung; specielle Centra für die Athemauslösung sind daselbst nicht vorhanden.

4. Die Athemcentra in der Med. oblongata sind sowohl automatisch thätig, als auch reflectorisch erregbar.

5. Das automatisch thätige Centrum kann nur Athemkrämpfe auslösen, keine regelmässigen rhythmischen Athembewegungen.

6. Die normale rhythmische Athmung ist ein reflectorischer Act, vornehmlich ausgelöst durch die Nn. vagi, welche verhindern, dass die im Centrum sich anhäufenden Spannungen unnatürlich wachsen, vielmehr die inhaerenten Erregungen des Athemcentrums in regelmässige Athembewegungen umsetzen (Entlader).

7. Die Nn. vagi sind in constanter Erregung, besitzen einen Tonus, und sind hinreichende, bei absoluter Ruhe des thierischen Organismus möglicherweise allein wirksame Regulatoren der Athmung.

8. Nächst den Vagi sind die oberen Hirnbahnen für die Auslösung regelmässiger rhythmischer Athmung von grosser Bedeutung.

Sie sind im Stande, den Ausfall der Nn. vagi zu decken, wie die Nn. vagi den Ausfall der oberen Bahnen compensiren. Selbst im Schlafe (z. B. der Winterschläfer, oder nach gewissen Narcoticis) bleiben die Reflexe von den oberen Bahnen auf das Athemcentrum häufig wirksam.

9. Ist ein Theil der oberen Bahnen ausgefallen, während die Vagi noch fungiren, so kann periodische Athmung auftreten (Cheyne-Stokes).

10. Zum Zustandekommen der periodischen Athmung ist eine Aenderung in der Erregbarkeit des Athemcentrums selbst nicht nöthig. Dasselbe kann vielmehr während periodischer Athmung sowohl zur Zeit des Anfalls, als während der Pausen, durch dieselben schwachen Reize gleich stark erregt werden.

11. Die sensiblen Hautnerven vermögen nicht für die Hirnbahnen oder für die Vagi vicariirend einzutreten.

12. Während die Hautnerven bei intacten Thieren geringen, vielleicht gar keinen Einfluss auf das Athemcentrum ausüben, wächst dieser Einfluss bedeutend nach Ausfall der Hirnbahnen. Hautreflexe vermögen dann selbst ganze Serien von Athembewegungen auszulösen. Die Hautnerven besitzen keinen Tonus.

13. Die centripetalen Nerven, welche hemmend auf die Auslösung der Athembewegungen wirken, wie z. B. Trigemini, Laryngei sup. und Glossopharyngei besitzen keinen Tonus und müssen als Hilfsnerven der Athmung angesehen werden, welche bei normaler Athmungsauslösung nicht in Thätigkeit treten.

14. Trigemini und Laryngei sup. (wie auch Olfactorii und Splanchnici) verlangsamen auf Reizung die Athmung und stellen sie schliesslich in Exspirationsstellung still, während die Glossopharyngei keinen Einfluss auf die Frequenz der Respiration haben. Die Wirkung der letzteren ist stets eine absolute Hemmung der Athmung und zwar in jeder Phase derselben, in welcher der Reiz gerade wirksam wird.

15. Ein einfacher elektrischer Reiz kann für sich das Athemcentrum nicht in Thätigkeit versetzen, sondern nur dann, wenn seine Wirkung durch andere (intracentrale chemische Reize) verstärkt wird.

16. Die kürzeste merkliche Bewegung, in welche das Athemcentrum versetzt werden kann, sendet den Nn. phrenici 4 wirksame einfache Reize im Intervall von etwa $^1/_{20}$ Sec.

17. Die normale Erregung des Athemcentrums ist nicht vom Blutreize abhängig: weder von dem Sauerstoffmangel, noch von dem Kohlensäureüberschuss des Blutes. Thiere können auch ohne Circulation und nach Verblutung noch längere Zeit fortathmen.

18. Ebenso wenig kann die Hering-Breuer'sche Athemtheorie richtig sein, da auch nach Eröffnung der Pleuraräume und selbst nach Exstirpation der Lungen die rhythmische Athmung fortbesteht.

19. Die im Athemcentrum selbst wirksamen Reize sind möglicherweise gleicher Natur, wie die das isolirte Herz erregenden, vielleicht Zersetzungsproducte der intercellulären Säfte.

20. Auch die Apnoe hat nichts mit dem Gasgehalte des Blutes zu thun, sondern beruht wahrscheinlich auf Wegschaffung der im Centrum aufgespeicherten Reize durch die tonisirten Vagi. Daher nach Durchtrennung der Vagi die Apnoe so schwer und nur auf kurze Zeit herzustellen.

21. Während der Apnoe kann man weder durch directe Reizung der Med. oblongata, noch von den centralen Vagi aus Athembewegungen auslösen.

22. Das Athemcentrum des Fötus befindet sich während der Athemruhe im Mutterleibe im Zustande verminderter Erregbarkeit.

23. Wenn centrale oder periphere Reize während der Geburt die Athmung einmal eingeleitet haben, so gibt das dauernd erregte Athemcentrum die Erregungsantriebe schwer ab und die Athmung geht in regelmässiger, rhythmischer Folge fort.

24. Verschiedene Phänomene, wie die Kochsalzdyspnoe und die Kältedyspnoe (Wärmedyspnoe?) machen es wahrscheinlich, dass den Nn. phrenici auch noch direct von der Hirnrinde aus, von einem motorischen Centrum in derselben, Erregungen zufliessen mit Umgehung des Athemcentrums.

25. Das Vorhandensein sensibler Fasern in den Phrenici, sowie das äusserst feine Muskelgefühl im Zwerchfell, sprechen für diese Ansicht.

26. Kaninchen bis zum Alter von 4—5 Monaten herab können auch nach Durchtrennung beider Phrenici fortleben, jüngere sterben in Folge von ungenügender Thoraxerweiterung an Luftmangel.

Verzeichniss
der
Arbeiten über Atheminnervation und verwandter in dieser Abhandlung angeführten Schriften.

v. Anrep und N. **Cybulski**, Ein Beitrag zur Physiologie der Nn. phrenici (Physiol. Labor. v. Tarchanoff. St. Petersburg). Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, Bd. 33, S. 243—249. 1883.

— — Physiol. Untersuchungen im Gebiete der Athmung und der vasom. Nerven. Petersburg 1884. Russisch. Hofmann und Schwalbe's Jahresbericht pro 1884, physiol. Th. Bd. 5, S. 66.

Arloing et **Tripier**, Contribution à la physiologie des nerfs vagues (suite et fin). Archives de physiol. norm. et patholog. Mars. p. 158. 1873.

Arnemann, Versuche über Regeneration an lebenden Thieren. Göttingen 1787.

Arnold F, Lehrbuch der Physiologie Bd. 1, Th. II, S. 219. Zürich 1836.

Arnsberger, L, Bemerkungen über das Wesen, die Ursache, die pathologisch-anatomische Natur der Lungenveränderung nach Durchschneidung der beiden Lungenmagennerven am Halse Virchow's Archiv Bd. 9. 1856.

Aubert und **v. Tschischwitz**, Nervis vagis irritatis diaphragma num in inspiratione an in exspiratione sistitur? Dissert. inaug. Vratislaviae 1857.

— — Molesch. Unters. 1857. Bd. 3, S. 272.

Bartels, Die Respiration als vom Gehirne abhängige Bewegung und als rhythmischer Process. Breslau 1814.

Beau et **Maissiat**, Recherches sur le mécanisme de la respiration. Archives générales de médec. 5 série, t. 1, p. 224. 1843.

Bell Ch., Physiol. und pathol. Untersuchüngen des Nervensystems. S. 114, übers. von Romberg. 1832.

Bernard Claude, Leçons faites au Collège de France. Union médicale nr. 75 p 279, nr. 78 p. 309, nr. 88 p. 349. 1853.

— Leçons sur la physiologie et pathologie du système nerveux. Vol. 2, p. 382 ff. V. C. Paris 1858.

Bernheim, Du phénomène respiratoire de Cheyne-Stokes. Gazette hebdomadaire p. 31. 1873.

Berns, Over den invloed van verschillende gassorten op de ademhaling. Acad. Proofschrift. Leiden 1869.

Bernstein J., Ueber die Einwirkung der Kohlensäure des Blutes auf das Athmungscentrum. Du Bois Reymond's Archiv f. Physiologie S. 313—328. 1882.

Bert Paul, Leçons sur la physiologie comparée de la respiration. Paris 1870.

— De la contractilité des poumons. Des rapports du nerf pneumogastrique avec la respiration. D'une cause non encore signalée de mort subite. Comptes rendus. Vol. 69 nr. 8. 1869.

Bichat, Recherches physiologiques sur la vie et la mort. p. 326. 2 éd. Paris 1802.

Bidder, Beiträge zur Kenntniss der Wirkungen des Nervus laryngeus superior. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie S. 492. 1865.

Bieletzky N., Zur Frage über die Ursache der Apnoe. Arbeiten der naturforsch. Gesellschaft in Charkow. Bd. 14, S. 215. (Russisch.) 1881.

Biedermann W., Ueber rhythmische, durch chem. Reizung bedingte Contraction quergestreifter Muskeln. Sitzungsber. d. Wiener Akademie d. Wissensch. Bd. 82. Nov. 1880.

— Ueber rhythmische Contractionen quer gestreifter Muskeln unter dem Einflusse des constanten Stromes. (Aus dem physiol. Inst. zu Prag.) Sitzungsber. d. Wiener Akademie d. Wissensch. Abth. III. Bd. 87. März 1883.

Biot C., Contribution à l'étude du phénomène respiratoire de Cheyne-Stokes Tome XXIII. Lyon médical 1876.

— Étude clinique et expérimental sur la respiration de Cheyne-Stokes. Lyon 1878.

Blainville, Nouveau Bullet. de la société physiol. 1808.

Blaise et **Brousse**, Contributions à l'étude clinique du phénomène respiratoire de Cheyne-Stokes. Montpellier médical p. 287. Avril 1880.

Boas J. H., Ueber intermittirendes Athmen. Deutsches Archiv f. klinische Medicin. 1874.

Boerhavius, p. 619. Littré Mémoires de l'Académie. p. 7. 1713.

Bongers P., Beobachtungen über die Athmung des Igels während des Winterschlafes. (Aus dem physiol. Laborat. zu Königsberg. O. Langendorff.) Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie p. 325. 1884.

Bordoni L., Sul tipo respiratorio di Cheyne-Stokes. Dissertation. Siena 1886.

Bötticher W., Ueber Reflexhemmung. Samml. physiol. Abhandlgn. Bd. 4 Nr. 3. Jena 1878.

Brachet, Praktische Untersuchungen über die Verrichtung des Gangliennervensystems. Uebers. v. Flies. Quedlinburg 1836.

Brandt George-Henry, Des phénomènes de contraction musculaire observée chez des individus qui ont succombé à la suite du choléra ou de la fièvre jaune. Paris 1855.

Broadbent W. H., On Cheyne-Stokes respiration in cerebral haemorrhage. The Lancet March p. 307. 1877

Brown-Séquard, Comptes rendus. Vol. 89, p. 657—660.

— Rhythmische Bewegungen des Zwerchfells nach Durchschneidung der Phrenici.

— Comptes rendus de l'Acad. T. XXIV, p. 363. 1847.

— Bulletin de la société philom. p. 117. 1849.

— Experimental researches applied to physiology and pathology. New-York 1853

— Experimental researches on the spinal cord. Richmond 1855.

— Recherches sur les causes de mort après l'ablation de la partie de moëlle

allongée qu'on nomme le point vital. Journal de Physiologie de Brown-Séquard. T. I, p. 217—223. 1858.

Brown-Séquard, Comptes rendus de la société de Biologie. V. C. p. 135. 1871.

Brunton T., Lauder. Text-book of. Pharmacology, therapeutics and materia medica p. 209. Leiden 1885.

Budge J., Untersuchungen über das Nervensystem. 2. Heft. Frankfurt a. M. 1842.

— Mémoire sur la cessation des mouvements inspiratoires provoqués par l'irritation du nerf pneumogastrique. Comptes rendus 1854. Vol. 39, p. 749 ff.

— Observationes de vi quam nervi et Phrenicus et Vagus in respirationem habeant (Promotionsrede.) Bonn 1855.

— Ueber den Einfluss des N. vagus auf das Athemholen. Virchow's Archiv 1859. Bd. 16, S. 433.

— Ueber die Zwecke* des Athmens. (Ein populärer Vortrag.) Weimar 1860.

— Neuere Untersuchungen über den Einfluss des N. vagus auf die Athembewegungen. Henle und Pfeufer's Zeitschr. 3. Reihe. Bd. 21 1864.

Burdach C. F., Vom Baue und Leben des Gehirns. Leipzig 1819.

— Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. 6. Bd. S. 405—497. Leipzig 1840.

Burdon-Sanderson, Handbook for the physiological laboratory. p. 318. London 1873.

Burkart R., Ueber den Einfluss des N. vagus auf die Athembewegungen. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. I. 1868.

— Studien über die automatische Thätigkeit des Athemcentrums und über die Beziehungen desselben zum N. vagus und andern Athemnerven. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. XVI. S. 427. 1878.

Calmeil, Recherches sur la structure, les fonctions et le ramolissement de la moëlle épinière. Journal des Progrés. Vol. 11, p. 116. 1828.

Cheyne, Dublin Hospital Reports. Vol. 2, p. 217. 1816.

Christiani A., Ueber Athmungsnerven und Athmungscentren. Verhandl. der Berliner physiol. Gesellschaft, 21 Mai. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie S. 295. Centralblatt für die med. Wissenschaft, Nr. 15. 1880.

— Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Kaninchenhirns und seiner Nerven. Monatsbericht der Berl. Akademie d. Wissensch. Februar 1881.

— Zur Kenntniss der Functionen des Grosshirns bei Kaninchen. Sitzungsber. d. Berliner Akademie d. Wissensch. Bd. 28. 1884.

— Ueber die Erregbarkeit des Athmungscentrums. Verhandlungen der physiol. Gesellschaft zu Berlin 30. Oct. 1885. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 181. 1886.

Chvostek Fr., Ein Fall von Cheyne-Stokes'scher Respiration. Wiener medicin. Wochenschrift. 1873.

Cohnheim J., Vorlesungen über allgemeine Pathologie. Bd. 2, S. 230 ff. Berlin 1882.

Columbus, De re anatomica lib. V. cap. XX. p. 257. Frankfurt 1593.

Cruikshank W., Versuche über die Nerven, besonders über ihre Wiedererzeugung und über das Rückenmark lebendiger Thiere. Archiv f. die Physiol. von Reil. Bd. 2, Heft 1. Halle 1796.

Danilewsky, Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Gehirns. Pflüger's Archiv f. die gesammte Physiologie. Bd. 11, S. 128. 1875.

v. Deen, Traités et découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière. Leyde 1841.

Dohmen W., Untersuchungen über den Einfluss der Blutgase, d. i. den Sauerstoff und Kohlensäure auf die Athembewegungen ausüben. Pflüger's Untersuchungen aus dem physiol. Institut zu Bonn S. 83. 1865.
Duchenne (de Boulogne), De l'électrisation localisée. I édit. Paris 1853.
— Recherches électrophysiologiques et pathologiques sur le diaphragme. Comptes rendus. Vol. 36. p. 383. 1853.
— Physiologie des mouvements. p. 611 ff. Paris 1867.
Ducrotay de Blainville et Breton. Reil's Archiv f. Physiologie. Bd. 11, Heft 2, S. 129. Halle 1812.

Eckhard, Grundzüge der Physiologie des Nervensystems. Giessen 1854.
— Ueber den Strychnintetanus während der künstlichen Respiration. Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Bd. 10. 1883.
Ehrlich, Ueber die Methylenblaureaction der lebenden Nervensubstanz. Deutsche Medicin. Wochenschr. Nr. 4. S.-A. S. 7. 1886.
Eichhorst, Die trophischen Beziehungen der Nv. vagi zum Herzmuskel. Berlin 1879.
Ellenberger, Die Folgen der einseitigen und doppelseitigen Lähmungen des N. vagus bei Wiederkäuern. Archiv f. wissensch. Thierheilkunde. Bd. 9, S. 128 bis 147. 1882.
Emmert A. G. F., Ueber den Einfluss der herumschweifenden Nerven auf das Athmen. Reil's Archiv f. Physiologie. Bd. 9, Heft 8, S. 380. 1809.
— Nachtrag zu den Beobachtungen über den Einfluss des Stimmnervens auf die Respiration, nebst einigen Bemerkungen über den sympathischen Nerven bei Säugethieren und Vögeln. Reil's Archiv Bd. 11, S. 117. 1812.
Eulenkamp T. H. P., De diaphragmate. Bonn 1856.
Ewald A., Zur Kenntniss der Apnoë. Archiv f. die gesammte Physiologie Bd. 7, S. 575. 1873.

Fabricius Hieronymus, De respiratione. Palav. 1615. S. 4.
Falk F., Ueber Beziehungen der Hautnerven zur Athmung. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie S 455. 1884.
Fano, Recherches expérimentales sur un nouveau centre automatique dans le tractus bulbospinal. Archives italiennes de Biologie. T. III, p. 365. 1883.
— Sulla respirazione periodica e sulle cause del ritmo respiratorio. Le sperimentale VI e VII. (giugno e luglio) 1883.
— Sui movimenti respiratori del Champsa Lucius. Lo Sperimentale. Marzo 1884.
— Ancora sulla respirazione periodica e sulle cause del ritmo respiratorio. Lo sperimentale. Febbraio 1884.
Ferrier D., Die Functionen des Gehirns. Uebers. v. Obersteiner. Braunschweig 1879, S. 29 ff.
Fick A., Einige Bemerkungen über den Mechanismus der Athmung. Festschrift des Vereins für Naturkunde zu Cassel. 1886.
Filehne W., Ein Beitrag zur Physiologie der Athmung und Vasomotion. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 235—244. 1879.
— Ueber die Einwirkung des Morphins auf die Athmung. (Aus dem physiol. Institut zu Erlangen.) Leipzig 1879.
— Das Cheyne-Stokes'sche Athmen. Zeitschr. f. klin. Medic. Bd. 2, Heft 2. 1880.

Flint A., On the cause of the movements of ordinary respiration. Are these movements reflex. Brain. p. 43. 1881.

Flourens P., Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. Paris 1842.

— Note sur le point vital de la moëlle allongée. Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris. Octobre. p. 437. Gaz. médicale de Paris nr. 45, p. 694. 1851.

— Nouveaux détails sur le nœud vital. Comptes rendus. 22 Nov. 1858.

— Déterminations du nœud vital ou point prémier moteur du mécanisme respiratoire dans les vertébrés à sang froid. Comptes rendus T. 54, p. 314. 1862.

Fodera, Recherches expérimentales sur le système nerveux. Journal de physiol. expériment. Vol. 3, p. 198. 1823.

Fowelin C., De causa mortis post nervos vagos dissectos. (Unter Bidder und Buchheim.) Dorpati 1851.

Fräntzel O., Ueber das Cheyne-Stokes'sche Respirationsphänomen. Berliner klin. Wochenschr. Nr. 27. 1869.

François-Frank, Travaux du laboratoire de Marey. T. IV, p. 281 sq. Paris 1880.

Fréderícq Léon, Sur la théorie de l'innervation respiratoire. Bulletins de l'Acad. royale de Belgique II Série T. 47 No. 4. Bruxelles 1879.

— Expériences sur l'innervation respiratoire. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. Supplem. p. 51—68. 1883.

Friedländer u. **Herter**, Ueber die Wirkung des Sauerstoffmangels auf den thierischen Organismus. S. 19—51. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 3. 1879.

Frost W. A., A case of apoplexy respiration of Cheyne-Stokes. The Lancet II p. 238. 1877.

Gad J., Ueber einen neuen Pneumatographen. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 181. 1879.

— Die Regulirung der normalen Athmung. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. 1880.

— Ueber Apnoe. Würzburg 1880 und du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 28. 1880.

— Ueber die Abhängigkeit der Athemanstrengung vom N. vagus. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 538. 1881.

— Ueber die genuine Natur reflectorischer Athembewegung. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 566. 1881.

— Ueber Wärmedyspnoe. Sitzungsber. der Würzb. physical.-medic. Gesellschaft. S. 82. 1881.

— Ueber hämorrhagische Dyspnoe. Verhandl. d. physiol. Gesellschaft zu Berlin Nr. 9. 1885—86.

— Ueber automatische und reflectorische Athemcentren. Verhandl. d. physiol. Gesellschaft zu Berlin. Nr. 7, 8. 1885—86.

Galen (131—200 p. Chr.), De anatomicis administrationibus. ed. Kühn. lib. 8, cap. 9, p. 696. Leipzig 1821.

— De causis respirationis liber. Claudii Galeni opera omnia. Tom IV ed. Kühn. Leipzig 1822. p. 465—469.

Gaskell W. H., The structure, distribution and function of the Nerves, which innervate the visceral and vascular system. Journal of Physiology. Vol. 7, nr. 1. 1886.

Gierke, Die Theile der Med. oblong., deren Verletzung die Athembewegungen hemmt und das Athemcentrum. Pflüger's Archiv f. die gesammte Physiol. Bd. 7, S. 583. 1873.

Gilchrist, The British and foreign medico-surgical review. t. 22, p. 495. 1858.

Goldstein, Ueber Wärmedyspnoe. Arb. aus dem physiol. Laboratorium der Würzb. Hochschule. S. 77—90. Würzburg 1872.

Gourewitsch A., Ueber die Beziehungen des N. olfactorius zu den Athembewegungen. Dissert. inaug. Bern 1882.

Graham J. C., Ein neues specifisch-regulatorisches Nervensystem des Athmungscentrums. (Vorläufige Mittheilung.) Pflüger's Archiv für die gesammte Physiol. Bd. 25, S. 379—381. 1881.

Guttmann P., Zur Lehre von den Athembewegungen. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 500. 1875

Haighton J., Versuche über die Reproduction der Nerven. Reil's Archiv Bd. 2, Heft 1. Halle 1796.

v. Haller Alberto, De respiratione experimenta anatomica. S. 4 Lausanne 1746.

— Mémoire sur plusieurs phénomènes de la respiration. S. 12. Lausanne 1758.

— Elementa physiologiae corporis humani. Tom. 3, p. 262—265. Lausanne 1761.

Hällstén K., Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie S. 167. Bd. 38. 1886.

Hegelmaier, Die Athembewegungen beim Hirndrucke. Heilbronn 1859.

Heidenhain A., Ueber Cyon's neue Theorie der centralen Innervation der Gefässnerven. Pflüger's Archiv Bd. 4, 1871, S. 554.

Heinemann C. U., Nonnulla de nervo vago ranarum experimenta. Berolini 1858.

— Ueber den Respirationsmechanismus der Rana esculenta und die Störung desselben nach der Durchschneidung der Nn. vagi. Virchow's Archiv Bd. 22, S. 1—38. 1861.

Heitler M., Ueber das Cheyne-Stokes'sche Respirationsphänomen. Wiener medicin. Presse S. 649. 1874.

Helfft, Mittheilungen aus dem Gebiete der Nervenphysiologie. Untersuchungen über die Natur des Vagus. Oppenheim'sche Zeitschr. Februar 1850.

v. Helmolt, Ueber die reflector. Beziehungen des N. vagus zu den motor. Nerven der Athemmuskeln. Dissert. inaug. Giessen 1856.

Henrijean T., Sur les effets respiratoires de l'excitation du pneumogastrique (Labor. physiol. de Liège). Archives de Biologie. Vol. 3, p. 229—234. 1882.

Hering E., Ueber den Einfluss der Athmung auf den Kreislauf. I. Mittheil. Ueber Athembewegungen des Gefässsystems. Sitzungsber. d. Wiener Akademie. Abth. 2, S. 829. 1870.

Hering Paul, Zusammensetzung der Blutgase während der Apnoe. Dissert inaug. Dorpat 1867.

Hering und **Breuer,** Die Selbststeuerung der Athmung durch den N. vagus. 30. April. Sitzungsber. d. Wiener Akademie. Bd. 57. Abth. II. 1868.

Hein J., Ueber die Cheyne-Stokes'sche Athmungsform. Wiener medicin. Wochenschrift. 1877.

— Ueber die Symptome und die Pathogenese des Cheyne-Stokes'schen Phänomens und verwandter Athmungsformen. Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. 27. 1880.

Holmgren Frz. on **Rosenthal**, Falkś försök och dass tydning. Upsala läkareför förhandl. Bd. 18, p. 203. 1883.

Jolyet, Les fibres du nerf pneumogastrique dont l'excitation a pour resultat de donner naissance au phénomène réflexe, qui constitue la toux, ont une tendance à s'isoler en nerf distinct séparé du tronc du nerf pneumogastrique. Compt. rend. Soc. de biologie S. III p. 409—411. 1877.

Joseph M., Zeitmessende Versuche über Athmungsreflexe (Physiol. Inst. Königsberg). Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 480—487. 1883.

Kaufmann E., Ueber einige künstl. ausgelöste Erscheinungen bei Cheyne-Stokes'schen Athmungsphänomen. Prager medicin. Wochenschrift 27. Aug. und 3. Sept. 1884.

Knoll, Ueber Reflexe auf die Athmung, welche bei Zufuhr einiger flüchtiger Substanzen zu den unterhalb des Kehlkopfes gelegenen Luftwegen ausgelöst werden. Sitzungsber. d. Wiener Akademie. Bd. 29. 1878.

— Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation. 1—3. Mittheilung. Sitzungsbericht d. Wiener Akad. Abth. 3, Bd. 85, S. 282—306; Bd. 86, S. 48—65, S. 101—120. 1882.

— Ueber unregelmässiges und periodisches Athmen. Lotos 1882.

— Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation. 4. Mittheil. Sitzungsber. d. Wiener Akademie. Abth. 3. Bd. 88. S. 479—512. 1883.

— Ueber periodische Athmungs- und Blutdrucksschwankungen. Sitzungsber. d. kaiserl. Akademie d. Wissensch. Bd. 92, Abth. 3, Dez.-Heft Jahrg. 1885.

Köhler H. J., Ueber die Compensation mechanischer Respirationsstörungen und die physiol. Bedeutung der Dyspnoe. Archiv f. experimentelle Pathol. und Pharmakol. Bd. 7. 1877.

Kohts O., Experimentelle Untersuchungen über den Husten. Virchow's Archiv f. path. Anat. Bd. 60 S. 191. 1874.

Kohts u. **Tiegel**, Einfluss der Vagusdurchschneidung auf Herzschlag und Athmung. Pflüger's Archiv f. die gesammte Physiologie. Bd. 13, S. 84. 1876.

Kölliker und H. **Müller**, Versuche über den Einfluss des Vagus auf die Respiration. Würzb. Verhandl. 1854. S. 233—235.

Kratschmer, Ueber Reflexe von der Nasenschleimhaut auf Athmung und Kreislauf. Sitzungsber. d. Wiener Akademie, Juni. S. 147. 1870.

Krimer, Untersuchungen über die nächste Ursache des Hustens. Leipzig 1819.

Kronecker und **Mc. Guire**, Ueber die Speisung des Froschherzens. Verhandl. der physiol. Gesellschaft zu Berlin. Jahrg. 11, S. 56. 1877—78.

Kronecker und **Stirling**, Ueber die sog. Anfangszuckung. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 394. 1878.

Kronecker und **Marckwald**, Ueber die Athembewegung des Zwerchfells. Verhandl. d. physiol. Gesellsch. zu Berlin, 25. Juli. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 592. 1879.

Laborde, Recherches expérimentales sur quelques points de la physiologie du bulbe rachidien. Gazette médec. de Paris. nr. 5. 1878.

Laffont, Recherches sur l'innervation respiratoire; modifications des mouvements respiratoires sous l'influence de l'anesthesie. Comptes rendus. Bd. 94 S. 578 bis 581. 1883.

Lallemand, Observations pathologiques. p. 86. Paris 1818.

Langendorff O., Einfluss des N. vagus und der sensiblen Nerven auf die Athmung. Mittheil. aus dem Königsberger physiol. Instit. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 33—67. 1878.

— Ueber Selbststeuerung der Athembewegungen. Physiol. Labor. zu Königsberg. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. Suppl. S. 48—53. 1879.

— Ueber das Athmungscentrum. Med. Centralblatt Nr. 51. 1879.

— Ueber ungleichzeitige Thätigkeit beider Zwerchfellhälften. Centralblatt für med. Wissensch. Nr. 51. 1879.

— Studien über die Innervation der Athembewegungen. 2. Mitth. Ueber ungleichmässige Thätigkeit beider Zwerchfellhälften. Unter Mitwirkung von R. Nitschmann und H. Witzack. S. 78. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1881.

— Studien über die Innervation der Athembewegungen. 3. Mittheil. Ueber periodische Athmung bei Fröschen. Theilweise nach Versuchen von G. Siebert. Ebendas. S. 241. 1881.

— Studien über die Innervation der Athembewegungen. 4. Mittheil. Periodische Athmung nach Muscarin- und Digitalinvergiftung. S. 331. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1881.

— Studien über die Innervation der Athembewegungen. 5. Mittheil. Ueber Reizung des verlängerten Markes unter Mitwirkung von F. Gürtler. S. 519. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1881.

— Studien über die Innervation der Athembewegungen. 6. Mittheil. Das Athmungscentrum der Insekten. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 80—88 1883.

Langen, Periodische Athmung. Wiener med. Wochenschr. Nr. 40, 41. 1882.

Laularcié, Sur un cas de paralysie spontanée du diaphragme ... chez le cheval. Revue vétérinaire. Toulouse Mars 1886, p. 113.

Lautenbach B. F., Are there spinal respiratory centres? Philadelphia medical Times 1879.

Lawrence, Medico Chirurgical Transactions Vol. 5, p. 166. 1813.

Legallois, Expériences sur le principe de la vie. Paris 1812.

— Oeuvres complètes avec notes de Pariset. T. I, p. 64. Paris 1824.

Lehwess A., De diaphragmatis usu in respiratione. Berlin 1852.

Leube W., Ein Beitrag zur Frage vom Cheyne-Stokes'schen Respirationsphänomen. Berliner klin. Wochenschrift. April 1870.

Liebmann, Ueber die Rhythmik der Athembewegungen. Tübingen 1856.

Lindner, De nervorum vagorum in respirationem efficacitate. Dissert. inaug. Berolini 1854.

Lockenberg E., Ein Beitrag zur Lehre von den Athembewegungen. Verhandl. der Würzb. phys.-med. Gesellschaft. Bd. 4, S. 239. 1873.

Longet, Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur

le système nerveux de l'homme et des animaux. Archives générales de médic. Vol. 13, p. 377. 1847.

Longet, Anatomie und Physiologie des Nervensystems der Menschen und der Wirbelthiere; übers. v. Dr. S. A. Hein. Bd. 1, S. 322 u. ff. Leipzig 1847.

— Traité de Physiologie. Bd. 2. Paris 1850.

Lorry, Sur les mouvements du cerveau. Académie des sciences. Mémoires des savants étrangers. Tom 3, p. 366. 1760.

Lovén Christian, Om Naturen af de voluntära Muskelkontraktionerna. Nord. med. arkiv. Bd. 13 Nr. 5. 1881.

Löwinsohn, Experimenta de nervi vagi in respirationem vi et effectu. Dissert. inaug. Dorpati Livon 1858.

Löwitt M., Ueber das Cheyne-Stokes'sche Respirationsphänomen. Prager med. Wochenschrift Nr. 47. 1880.

Luchs H., Symbolae ad energias motorias systematis nervosi cognoscendas. Vratislaviae 1847.

Luciani L., Del fenomeno di Cheyne e Stokes in ordine alla dottrina del ritmo respiratorio (Vol. 43, p. 341—355, p. 449—466). Lo Sperimentale 1879.

Ludwig C., Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. 2. 1861.

Mader, Zur Casuistik des Cheyne-Stokes'schen Respirationsphänomens. Wiener medicin. Wochenschrift. 1869.

Magendie, Précis élémentaire de physiologie. Vol. 2, p. 297. Paris 1817.

— Leçons sur les fonctions etc. T. 1, p. 285, 293 sq. und Précis élémentaire de Physiologie. Paris 1825. T. 2, p. 326.

— Leçons sur les phénomènes physiques de la vie. Vol. 1, p. 215. Vol. 2, p. 223 sq. Paris 1836.

Marchand R., Versuche über das Verhalten von Nervencentren gegen äussere Reize. Pflüger's Archiv f. die gesammte Physiologie. Bd. 17, S. 511-542. 1878.

Marckwald und **Kronecker**, Ueber die Auslösung der Athembewegungen. Verhdl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 100—104. 1880.

Marcuse, De suffocationis imminentis causis et curatione. Dissert. inaug. Berolini 1858.

Marshall Hall, Memoirs on the nervous system. London 1837.

Martin and **Booker**, John Hopkins University studies from the biological laboratory. Baltimore 1879.

Martin H. N., Normal respirator. movements of the frog etc. Journal of physiol. Vol. 1, pag. 131—170. John Hopkins University studies. Baltimore 1879.

Martine, Essays of society at Edimb. Vol. 1, pag. 164. 1740.

Martius Fr., Historisch-kritische und experimentelle Studien zur Physiologie des Tetanus. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. 1883.

— Ueber die Wirkung blutverdünnender Transfusion bei Fröschen. Verhandl. der physiol. Gesellschaft zu Berlin. Du Bois-Reymond's Archiv für Physiol. Nr. 8. 1882.

— Die Erschöpfung und Ernährung des Froschherzens. (Mit einem Zusatz von H. Kronecker.) S. 543—56. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1882.

Mayer S., Experimenteller Beitrag zur Lehre von den Athembewegungen. Sitzungsbericht der Wiener Akademie. Bd. 69. April. Abth. 3. 1874.

Meltzer S., Geschlecht und Lungenvagus (Physiol. Inst. Berlin). Centralblatt f. medicin. Wissenschaften. S. 497—498. 1882.

— Die Irradiationen des Schluckcentrums und ihre allgemeine Bedeutung. Du Bois-Reymond's Archiv. S. 209—238. 1883.

Mendelssohn A., Der Mechanismus der Respiration und Circulation oder das explicirte Wesen der Lungenhyperämie. Berlin 1845.

Mendelssohn Maurice, Beitrag zur Frage nach der directen Erregbarkeit der Vorderstränge des Rückenmarkes. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 281. 1883.

— Ueber die Irritabilität des Rückenmarkes. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 288. 1886.

v. Mertschinsky P., Beitrag zur Wärmedyspnoe. Inaugural-Dissertation. Würzburg 1881.

Merunowicz, Ueber die chemischen Bedingungen für Entstehung des Herzschlages. Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig. S. 132. 1875.

Merkel, Zur Casuistik des Cheyne-Stokes'schen Respirationsphänomens. Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. 8. S. 424. 26. Mai 1871.

Meyse, De l'influence de la section des nerfs pneumogastriques sur la durée de la chloroformisation. Gaz. médic. de Paris. Nr. 53. p. 527. 1851.

Miescher-Rüsch, Bemerkungen zur Lehre von den Athembewegungen. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. Heft 5 und 6. 1885.

Mislawsky N., Zur Lehre vom Athmungscentrum. Vorläufige Mittheilung. (Aus dem physiol. Laborat. von Prof. N. Kowalewsky in Kasan). Centralblatt f. medic. Wissenschaft. Nr. 27. 1885.

Moleschott J., Ueber den Einfluss des Vagus auf die Häufigkeit der Athemzüge. Moleschott's Untersuchungen. Bd. 9, S. 59, 71. 1863.

Moleschott J. und A. **Moriggia**, Ueber ungleichsinnige Veränderungen in der Häufigkeit der Athemzüge und der Pulsfrequenz. Moleschott's Untersuchungen. Bd. 9, S. 162. 1863.

Mosso A., Sul polso negativo e sui rapporti della respirazione addominale e toracica nell' uomo. Archivio per le scienze mediche. 1878.

— Ueber die gegenseitigen Beziehungen der Brust- und Bauchathmung. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. Bd. 441—468. 1878.

— Sulla circolazione del sangue nel cervello dell' uomo. R. Academia dei Lincei. Vol. 5. 1879.

— La paura. Milano 1884.

— La respirazione periodica e la respirazione superflua e di lusso. Reale Accad. dei Lincei. Roma 1885.

Müller Johannes, Handbuch der Physiologie des Menschen. Coblenz 1835.

Müller W., Beiträge zur Theorie der Respiration. Wiener akad. Ber. XXXIII, S. 99. Lieb. Anm. 108. S. 257. 4. Nov. 1858.

Murri A., Sulla genesi del fenomeno di Cheyne-Stokes. Rivista clinica Nr. 10 e 11. 1883.

— Considerazioni sul mecanismo della funzione centrale del respiro. Rivista Clinica p. 385. 1884.

Murri A., Sul origine patologica del respiro periodico. La Rivista Medica. Dec. 1885.

Nasse H., Einige Versuche über die Wirkung der Durchschneidung der Nn. vagi bei Hunden bes. in Hinsicht auf den Stoffwechsel. Archiv des Vereins für gemeinsch. Arbeit. Bd. 2, Heft 3. 1855.

— Influence de la section du nerf pneumogastrique chez les chiens. Archiv. général. de méd. S. 362—363. (Sept.) 1856.

Nasse O., Sauerstoffmangel, ein Reiz für die nervösen Centralorgane. 1870.

Neuburger Th., Disquisitiones physiologicae. Berolini 1853.

Ollivier, Traité de la moëlle épinière. ed. 2, p. 155. Paris 1827.

v. Ott, Ueber lebenerhaltende Transfusionen mit Pferdeserum. Verhandl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin. Jahrg. 1881—82. Nr. 11. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 123. 1882.

Owsjanikow, Ueber den Stillstand des Athmungsprocesses während der Exspirationsphase bei Reizung des centralen Endes vom N. vagus. Virchow's Archiv. Bd. 18, S. 572. 1860.

Panizza B., Sul nervo frenico e sulla bolsaggine. Gaz. med. Italiana. Lombardia Nr. 8 p. 62, 64. 1865.

Panum, Ueber Vagusdurchschneidung. Med. Neuigkeit Nov. 13. März 1857.

Passerini C., Dispnea parossistica riflessa etc. Gazzetta degli Ospitali. 1885.

Pechlin, Observationes medicae. (De Apoplexia.) Hamburg 1691.

Percy, Académie des sciences. 9. Sept. 1811. p. 259.

Pflüger E., Ueber die Ursache der Athembewegungen sowie der Dyspnoe und Apnoe. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. 1, S. 73. 1868.

Poiseuille, Recherches sur la respiration. Comptes rendus de l'Académie de Paris. T. 41, p. 1072—1076. Gazette des Hospitaux nr. 150. p. 599 – 600. 1855.

— Recherches sur la respiration. Gaz. hebdomad. nr. 1, p. 7. Abeille méd. nr. 1, p. 8—9. The American journal of science. April. p. 461. 1856.

Preyer, Ueber die Ursache der ersten Athembewegung. Sep.-Abdr. aus den Sitzungsber. der Jenaischen Gesellschaft für Medicin und Naturwissensch. 6. Febr. 1880.

Provenial, Journal génér. de médecine. Bd. 3, S. 7. 1810.

Rach Ed., Quomodo medulla oblongata, ut respirandi motus efficiat, incitetur. Diss. inaug. Regiomonti 1863.

Ranvier L., Leçons d'Anatomie générale (1877—1878). p. 390. Paris 1880.

Renzi P., Saggio di Fisiologia sperimentale sui centri nervosi della vita psichica nelle quattro classi degli animali vertebrati. Annali universali vol. 189, p. 419—446 (Sett.); vol. 190, p. 3—62 (Ottobr.), p. 292—348 (Nov.), p. 479 a 559 (Dec.) 1864.

Richet C., Physiologie des muscles et des nerfs. p. 284—286. Paris 1882.

— De l'influence de la chaleur sur la respiration et de la dyspnée thermique. Comptes rendus. Bd. 99, p. 279. 1884.

Riegel Fr., Die Athembewegungen. Eine physiologisch-pathologische Studie. Würzburg 1873.

Rokitansky, Untersuchungen über die Athemnervencentra. Oesterr. med. Jahrbücher. F. 1. S. 30. 1874.

Rolando, Archives générales de médecine. Paris 1823.

Romberg M. H., Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen. Aufl. 2, Bd. 3, S. 104 ff. Berlin 1851.

Roose, Anthropologische Briefe. Leipzig 1803.

Rosenbach Ottomar, Studien über den Nv. vagus. S. 109. Berlin 1877.

— Zur Physiologie des Vagus. Centralbl. f. med. Wissenschaft. Nr. 6. 1877.

— Notiz über den Einfluss der Vagusreizung auf die Athmung. Archiv f. d. gesammte Physiol. Bd. 16. S. 502. 1878.

— Zur Lehre vom Cheyne-Stokes'schen Athmungsphänomen. Zeitschrift für klin. Medicin. Bd. 1, Heft 3. 1880.

— Cheyne-Stokes. Realencyklopädie. Bd. 3. 1880.

Rosenthal J., De l'influence du nerf pneumogastrique et du nerf laryngé supérieur sur les mouvements du diaphragme. Comptes rendus. T. 52, p. 754—756. 1861.

— Ueber den Einfluss der Nn. vagi auf die Bewegungen des Zwerchfells. Amtl. Ber. der 35. Vers. d. deutschen Naturf. u. Aerzte in Königsberg i. J. 1860. S. 122—125. Königsberg 1861.

— Ueber den Einfluss des N. vagus auf die Athembewegungen. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 226. 1862.

— Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum N. vagus. Berlin 1862.

— Studien über Athembewegungen. I. Art. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 456. 1864.

— Studien über Athembewegungen. II. Art. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 191. 1865.

— Studien über die Athembewegungen. III. Art. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 423. 1870.

— Ueber die Ursache der Athembewegungen. Berliner klin. Wochenschrift. Nr. 31. 1870.

— Neue Studien über Athembewegungen. I. Art. Die Wirkung der elektr. Vagusreizung auf die Athembewegungen. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. 1880.

— Neue Studien über Athembewegungen. II. Art. Ueber die Wirkung der elektr. Reizung des N. vagus. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 39—60. 1881.

— Neue Studien über Athembewegungen. Anhang: Ueber unipolare Nervenreizung und falsche Nervenreizung durch Nebenleitung. S. 62. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1881.

— Athembewegungen und Innervation derselben. S. 165. Handbuch d. Physiol. v. L. Hermann. Bd. 4, Th. 2. Leipzig 1882.

Roth, Zur Casuistik des Cheyne-Stokes'schen Respirationsphänomens. Deutsch. Archiv f. klin. Medicin. Bd. 10. 1872.

Runge M., Zur Frage nach der Ursache des ersten Athemzuges der Neugeborenen. Zeitschrift für Geburtshilfe und Gynaekologie. Bd. 6. Heft 2. S. 395. 1881.

Sachs Pericle, Aneurisma aortico accompagnato dal fenomeno di Cheyne-Stokes. Rivista clinica. Bologna febbraio 1877.

Saloz Ch., Contribution à l'étude clinique et expérimental du phénomène respiratoire de Cheyne-Stokes. Dissert. inaug. Genève 1881.

Sanders Ezn., Jetz over Apnoë en Dyspnoë. Maandblad vor Naturwetensch. p. 113—115. 1870—1871.

Schiff M., Ueber den Einfluss der Vagusdurchschneidung auf das Lungengewebe· Vierordt's Archiv. Bd. 9 und Moleschott's Untersuch. Bd. 8. S. 313. 1850.

— Ueber die Functionen der hinteren Stränge des Rückenmarkes. Moleschott's Untersuchungen. Bd. 4, S. 84—86. 1858.

— Expériences relatives à la sensibilité tactile des cordons posterieurs de la moëlle. Gaz. méd. Août nr. 32. p. 648. 1858.

— Lehrbuch der Physiologie. S. 323. 1858—1859.

— Le nerf laryngé est-il un nerf suspensif? Comptes rendus. T. 53, p. 285—288 et 330—333. 1861.

— Ueber die angebliche Hemmungsfunction des Nv. laryngeus sup. Moleschott's Untersuchungen. Bd. 8, S. 225—246. 1862.

— Influence du nerf spinal sur les mouvements du coeur. Comptes rendus. T. 58, p. 619. 1864.

— Einfluss des verlängerten Markes auf die Athmung. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. 1870.

— Bericht über einige Versuchsreihen. S. 225. Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie. Bd. 4. 1871.

— Lezioni del sistema nervoso encefalico. Firenze 1873.

— Neue Versuche über die Erregbarkeit des Rückenmarkes. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. 38, S. 182. 1886.

Schipiloff K., Ueber den Einfluss der Nerven auf die Erweiterung der Pupille bei Fröschen. Bericht von Schiff. Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie. Bd. 38. (Febr. 1886.) S. 258, 259.

Schmiedeberg O., Ueber die pharmakologischen Wirkungen und die therapeutische Anwendung eines Carbominsäure — Ester (Urethan). Archiv f. exper. Pathologie und Pharmakologie. S. 10. 1885.

Schreiber J., Ueber die Functionen des N. phrenicus. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. 31, S. 577—600. 1883.

Schröder van der **Kolk**, Bau und Physiologie der Med. spinal. u. obl. übers. von Theile. 1859.

v. Schroff, Ueber spinale Athemcentra. Wiener med. Jahrbücher. S. 324. 1875.

Schwartz H., Die vorzeitigen Athembewegungen. Leipz. 1858. Archiv f. Gynaekologie. Bd. 1, S. 361.

— Die vorzeitigen Athembewegungen. Ein Beitrag zur Lehre von den Einwirkungen des Geburtsactes auf die Frucht. Leipzig 1858.

— Hirndruck und Hautreize in ihrer Wirkung auf den Fötus. Archiv für Gynaekologie. Bd. 1. 1870.

Sklarek G., De respirationis frequentia dissectis nervis laryngeis. Berolini 1858.

Snellen H., Onderzoek. gedaan in het physiolog. Laborat. der Utrechtsche Hoogeskool. Jaar 7. Utrecht 1854—55.

— Einfluss des Vagus auf die Athembewegungen. Nederl. Lancet 1854 en Jan. 1855. Prager Vierteljahrschrift 1855.

Solaro A., Sull' origine del respiro periodico. Riforma med. Napoli. Tom. 2. p. 15, 22. 1886.

Spode O., Ueber optische Reflexhemmung. Physiol. Institut zu Königsberg. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. S. 113—118. 1879.
Steiner, Ueber Functionen des N. vagus. Du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie. S. 577. 1878.
— Schluckcentrum und Athmungscentrum. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. S. 57—79. 1883.
— Untersuchungen über die Physiologie des Froschhirnes. Braunschweig 1885.
Stirling W., Ueber die Summation elektrischer Hautreize. Ber. d. Comm. sächs. Ges. d. Wissensch. S. 372. Leipzig 1874.
— On the reflex functions of the spinal cord. Edinburgh Medical Journal for April and June 1876.
Stokes, Diseases of the heart and the Aorta. S. 324. Dublin 1854.
Stricker, Respirationsbewegungen nach Durchschneidung der Med. obl. bei mit Antiarin vergifteten Hunden. Sitzungsber. der Wiener Akademie. Bd. 75. S. 8. 1877.

Tanquerel des Planches, Traité des maladies de plombe. T. 2, p. 61, 130, 140. 1830.
Thiry L., Des causes des mouvements respiratoires et de la Dyspnée. Recueuil des travaux de la société médicale allemande de Paris. p. 55, 73. 1865.
Traube L., Beiträge zur exper. Pathol. u. Physiol. Heft 1, S. 101. 1846.
— Beitrag zur Lehre von den Erstickungs- (dypsnoetischen) Erscheinungen am Respirationsapparat. Heft 2, Beiträge zur exper. Pathol. und Physiol. 1846.
— Zur Physiologie des N. vagus. Zeitung des Vereins f. Heilkunde. Nr. 5. 1847.
— Zur Physiologie der Respiration. Allgem. med. Centralztg. Nr. 38. Mai. S. 297. Nr. 39. S. 305. (Gesammelte Beiträge: I.) 1862.
— Ueber periodische Thätigkeitsanstrengungen des vasomotorischen und Hemmungsnervencentrums. Centralbl. für d. med. Wissenschaften. S. 881. 1865.
— Die Symptome der Krankheiten des Respirations- und Circulationsapparates, Vorlesungen gehalten an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. — Berlin 1867.
— Ueber das Cheyne-Stokes'sche Respirationsphänomen. Berliner klin. Wochenschrift Nr. 27. 1869. (Gesammelte Beiträge. Bd. 2, Thl. 2, Nr. 61, S. 882. Berlin 1871.)
— Zur Theorie des Cheyne-Stokes'schen Athmungsphänomens. Berliner klin. Wochenschrift Nr. 16 und 18. 1874. (Gesammelte Beiträge Bd. 3, S. 103. 1878.)
Treviranus G. R. und L. C., Vermischte Schriften anatom. und physiol. Inhalts. Bd. 1, S. 105. Bremen 1817—1821.
Tripier und E. **Arloing**, Contribution à la physiologie des nerfs Vagues. Archives de physiol. norm. et patholog. Nr. 4. 1872.

Valentin G., Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. 2. Abth. 2. Braunschweig 1848.
— Die Einflüsse der Vaguslähmung auf Lungen und Hautausdünstung. Frankfurt a. M. 1857.
— Archiv f. physiol. Heilkunde. 1858. S. 433 ff.
— Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Abth. 3. Moleschott's Untersuchungen. Abth. 4, 9 und 16 ff. 1857.

Valsalva Anton, Mar. Opera omnia Epistola XIII. Venetiis 1740.

Vierordt, Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845.

Vogt G., Die Respirationsbewegungen des Frosches in ihrer Abhängigkeit von der Medulla oblongata. Eckhard's Beiträge zur Anat. u. Physiol. Giessen 1861.

Volkmann A. W., Ueber die Bewegung des Athmens. S. 337. Müller's Archiv. 1841.

— Nervenphysiologie. Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie. Bd. 2. 1844.

Wedenskii N., Ueber die Athmung des Frosches (Rana temporaria). Physiolog. Laborat. d. Petersburger Univ. Pflüger's Archiv f. gesammte Physiol. Bd. 25, S. 129—150. 1881.

— Ueber den Einfluss der elektr. Vagusreizung auf die Athembewegungen bei Säugethieren (Physiol. Inst. Breslau). Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie. Bd. 27, S. 1—22. 1882.

Weiss, Beitrag zur Lehre von den Reflexen im Rückenmarke. Medicin. Jahrb. der Gesellschaft d. Aerzte in Wien. S. 485—494. 1878.

Wertheimer (Nancy), Rétablissement des mouvements respiratoires après la section de la moëlle cervicale. Semaine médicale 12. Mai. p. 196. 1886.

— Sur les centres respiratoires de la moëlle épinière. Compt. rend. Soc. de biol. p. 34—36. Compt. rend. de l'Acad. CII. Paris 1886.

Winslow, Sur les mouvements de la respiration. Mémoires lu à l'Académie des sciences. 1753.

v. Wittich, Ueber die Beziehungen der Med. obl. zu den Athembewegungen bei Fröschen. Virchow's Archiv Bd. 37, S. 322. 1866.

Wolff, De functionibus nervi vagi. Dissert. inaug. Berl. 1856.

Wundt W., Versuche über den Einfluss der Durchschneidung der Lungennerven auf die Respirationsorgane. S. 296. Müller's Archiv 1855.

Yppey, Physiol. Beobachtungen über die willkürliche und unwillkürliche Bewegung der Muskeln. (Aus dem Latein. übers. v. Lenne.) Cap. III S. 174. (Einige das Athemholen betreffende Fragen.) Leipzig 1789.

Zuntz N. und **Geppert** J., Ueber die Natur der normalen Athemreize und den Ort ihrer Wirkung. (Vorläufige Mittheilung.) Pflüger's Archiv f. die gesammte Physiologie. Bd. 38. S. 337. 1886.

Ein Elektromyographion.

Von

H. Kronecker.

H. von Helmholtz hat zu seinen berühmten Messungen „über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven[1]“ vor nunmehr 36 Jahren das Myographion erfunden. Dieser Apparat hat es ermöglicht, ausserordentlich schnelle Vorgänge im Thierkörper: den Verlauf der einzelnen Muskelzuckung, die Fortpflanzung der Erregung in den Nerven, deren Geschwindigkeit noch wenige Jahre zuvor Johannes Müller für unmessbar gross gehalten hatte, anschaulich und dauernd messbar darzustellen.

Später wurde dieser originelle Registrir- und Reizauslösungsapparat in mannigfacher Weise modificirt: theils um seine Bewegung gleichmässiger zu machen, theils um ihn zu vereinfachen.

Das Harless'sche Fallmyographion, das Valentin'sche Kreisscheibenmyographion, das Fick-Helmholtz'sche Pendelmyographion, das du Bois-Reymond'sche Federmyographion, das Hensen'sche Vibrationsmyographion, das Rosenthal'sche Kreiselmyographion sind Apparate, welche dem gedachten Zwecke dienen, deren mannigfach variirte Bewegungsart der Name andeutet.

Wenn ich es wage, der ehrwürdigen Ruperto-Carola zu ihrem 500jährigen Stiftungsfeste ein neues Myographion als bescheidenes Angebinde darzubringen, so geschieht dies aus Dankbarkeit gegen die geweihte Stätte, wo es mir vergönnt war, vor 25 Jahren, von Herrn von Helmholtz geleitet, meine ersten Schritte in der Muskelphysiologie zu versuchen.

Wenige Worte zur beifolgenden halbschematischen Abbildung werden für Sachverständige genügen, den Apparat zu erläutern.

[1]) Joh. Müller's Arch. für Anat. und Physiologie 1850 S. 276.



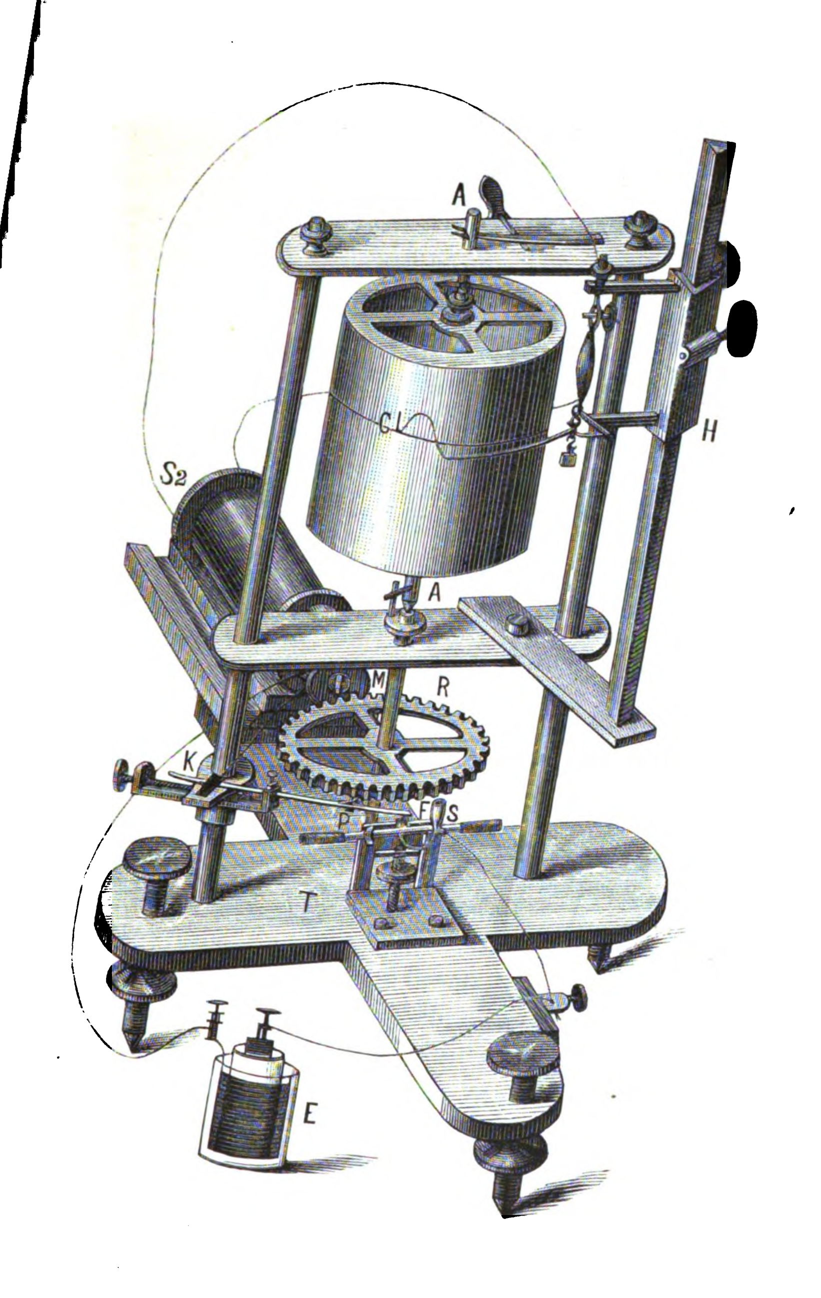
Der Cylinder *C* von 20 cm Höhe und 50 cm Umfang, mit berusstem Glanzpapier umspannt, dessen Achse *AA* in Spitzen ausläuft, ist in konischen Axenlagern drehbar, fest verbunden mit der Achse des Zahnrades *R*. Dieses Rad ist von weichem Eisen und trägt an seiner Peripherie 50 platte Zähne. Jeder Zahn passirt bei der Rotation des Rades mit seiner Endfläche ganz dicht vor dem Polende eines Elektromagnetes *M* vorüber. Dieser Elektromagnet bildet die primäre Spirale eines du Bois-Reymond'schen Schlitteninductorium, dessen secundäre Spirale am Ende der kurzen Schlittenbahn die Bowditch'sche Drehvorrichtung trägt [1]).

Auf dem vorderen Kreuzende der Grundplatte des ganzen Apparates hält der auf- und abwärts verstellbare Träger *T* den gläsernen Spülcontact *S* [2]), durch dessen capillare Oeffnung bei *F* in die Quecksilberkuppe die Platinspitze einer schwingenden flachen Stahlfeder taucht. Auf dreikantig prismatischer Stange ist ein Muskelhalter nebst Schreibhebel *H* durch einen Schraubentrieb verstellbar.

Eine galvanische Batterie *E* sendet einen Strom um den Elektromagnet *M*. Dieser Strom ist in die Quecksilbersäule des Spülcontactes *S* geleitet, kann von da, wenn die Feder *F* eingetaucht ist, zu deren fester Klemme *K* gelangen, welche in constanter Verbindung mit dem Elektromagnet *M*, d. h. der primären Spirale des Schlittenapparates steht. Ein kleines Elfenbeinprisma *P*, welches auf der schwingenden Feder sitzt, ist zunächt unter den Zähnen des Rades derart angebracht, dass, wenn das Rad gedreht wird, jeder Zahn die Feder in das Quecksilber des Contactes drückt, jede Zahnlücke sie aus dem Quecksilber federn lässt. So wird also der magnetisirende Strom beim Ueberstreifen eines Zahnes einmal geschlossen und einmal geöffnet; gleich oft wird auch der dem Magnetpol nächste Zahn von diesem angezogen und dann wieder losgelassen, während der

[1]) H. P. Bowditch, A new form of inductive Apparatus. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences Oct. 1875, abgedruckt in Collected Papers from the physiological Laboratory of Harvard medical school, Boston 1880.

[2]) H. Kronecker und Stirling in den „Beiträgen zur Anat. u. Physiol." C. Ludwig gewidmet, Leipzig 1874 S. 171 und H. Kronecker in du Bois-Reymond's Archiv 1877 S. 571.


A
Cl
H
S2
A
M
R
K
F
S
P
T
E

folgende die Magnetnähe erreicht. Derart rotirt das Rad und ebenso der Myographioncylinder mit einer Geschwindigkeit, welche der Vibrationsfrequenz der Feder entspricht. So haben wir eine einfachste elektromagnetische Maschine mit vibrirendem Regulator. Wenn wir die Schwingungszahl des Unterbrechers ändern: durch Einsetzen stärkerer oder schwächerer, kürzerer oder längerer Federn, so können wir die Rotationsgeschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen beliebig variiren.

Da jedem der 50 Zähne $^1/_{50}$ der Peripherie entspricht, so läuft ein Centimeter des Cylindermantels in der Zeit einer Stromunterbrechung am Zeichenstift des Muskelhebels vorüber. Ein Zeitschreiber, welcher $^1/_{100}$ Secunde notirt, kann die Geschwindigkeit controliren. Die Regelung geschieht hier schneller als durch irgend einen mechanischen Regulator.

Wenn man die durch den Elektromagneten inducirten Ströme von der secundären Spirale S_2 dem Muskel zuleitet, so kann man durch die Inductionswechselströme den Muskel erregen; man erhält je nach der Geschwindigkeit der Reizfolge entweder eine Reihe von Einzelzuckungen oder einen Tetanus auf den Cylindermantel gezeichnet; aber immer entspricht $^1/_{50}$ des Umfanges des Cylinders, also 10^{mm}, einem Schliessungs- und einem Oeffnungsinductionsschlag. Man kann auch leicht auf dem Zahnrade Nasen anbringen, welche eine Nebenschliessung zum secundären Stromkreise öffnen und schliessen, und so kann man nur einen Inductionsschlag oder jede gewünschte Anzahl während einer Cylinderdrehung dem Muskel zuführen, und genau bestimmen, welchem Orte des Cylindermantels das Reizmoment entspricht. Dies Myographion wird hierdurch besonders geeignet, die Entstehung des Tetanus zu studiren, wofür gute, schnell bewegliche Vorrichtungen bisher fehlten.

Die Art wie die Geschwindigkeit der Rotation regulirt wird, erinnert an das „phonische Rad“, welches Herr Paul la Cour im Jahre 1875 der zu Petersburg abgehaltenen Telegraphenconferenz demonstrirte, über dessen Construction und Bedeutung er später in dänischer und französischer Sprache eine Monographie veröffentlichte. Dieses Büchlein ist von Kareis übersetzt 1880 zu Leipzig im Verlage von Quandt im Handel erschienen.

Die Grundidee dabei ist, dass eine selbstthätig schwingende elektromagnetische Stimmgabel einen anderen Elektromagneten rhythmisch magnetisirt und hierdurch ein vor dessen Pol aufgestelltes eisernes Zahnrad in Rotation versetzt. Nach dieser Idee vermochte ich aber mein Myographion nicht zu bewegen. Als jedoch Herr Dr. Hassler, Director der hiesigen Telegraphenwerkstätte, dessen ingeniöser Mitwirkung ich das Gelingen der Construction verdanke, einen festen Contact an das Rad setzen liess, um nach Art gewöhnlicher elektromagnetischer Maschinen die Rotation einzuleiten, bemerkte ich, dass der Contact in regelmässige Schwingungen gerieth und sah, als ich die Schwingungszahl des Blechstreifens änderte, dass man hierdurch die Rotation nach Belieben reguliren könne. So entstand der beschriebene Apparat, über dessen Leistungen ich bei nächster Gelegenheit berichten will.



letzten Halswirbels, der Nn. vagi
Ausschaltung des zweiten Vagus, bei
s (zwei Reihen ineinander gezeichne

Ueber die Schrift von Schallbewegungen.

Von

Prof. **Hensen,** Kiel.

Die nachfolgende Arbeit des Herrn Wendeler über die Schallbewegung einiger Consonanten veranlasst mich, die Principien eines vielleicht zweckmässig als Sprachzeichner zu bezeichnenden Apparates vorzuführen, mit dessen Aufbau ich seit mehr wie fünfzehn Jahren ab und zu beschäftigt gewesen bin. Den Apparat, der in älterer Form in Grützner's Physiologie der Sprache[1]) schematisch abgebildet ist, genau zu beschreiben, hat, wie mir scheint, kein Interesse, denn wer mit demselben arbeiten will, wird immer am besten thun, ihn von dem hiesigen Mechaniker[2]) zu beziehen, wer aber glaubt, einen Apparat zweckmässiger selbst bauen zu sollen, wird nur das Princip zu kennen brauchen.

Für das Studium der Sprache kommt es darauf an, die hervorgerufene Bewegung so zu sehen, wie sie etwa das menschliche Trommelfell von sich aus an das Labyrinth weiter gibt, denn was uns fehlt ist das Verständniss dafür, was unser Gehör mit der durch den Mund hervorgebrachten Bewegung macht. Um diesem Verständniss näher zu kommen, ist der erste Schritt der, zu erfahren, was für Anstösse die Sprache dem Ohr bringt. Es wäre am erwünschtesten, die Bewegung des Trommelfells selbst zur Analyse bringen zu können, jedoch dies ist zur Zeit noch nicht möglich. Da wir also einen Hilfsapparat brauchen müssen, so ist es, und davon bin ich ausgegangen, am richtigsten, das Trommelfell nachzuahmen. Dies Verlangen bedingt in erster Linie eine genaue und

1) Hermann, Handbuch der Physiologie Bd. 2 S. 187.

2) Zwickert, Dänische Strasse.

für verschiedene Tonhöhen gleichmässige Schrift, also eine starke, Dämpfung bei straffer Membran und damit verknüpft sehr kleine Schrift.

Ich habe also nach Mitteln gesucht, sehr feine Schrift noch scharf lesbar zu erhalten und finde, dass dies im Allgemeinen keine Schwierigkeiten macht, wenn mit einem feinen Schreibstift auf eben sichtbar berusster Glasplatte geschrieben wird. Die Formen erscheinen dann noch sehr scharf, wenn man selbst 3—400 facher Vergrösserung bedarf, um die Details zu erkennen. Die Curven von Wendeler sind meistens nur einige hundertstel Millimeter gross, die stärksten Elongationen z. B. das A übersteigen selten 0,2 ^{mm}.

Die Berussung machen wir über einer Gasflamme auf vorher erwärmte Platten, sie gelingt aber nicht immer gleich gut. Es sollen die von der schreibenden Spitze fortgewischten Kohlenpartikel als einzelne Körner bei Seite geworfen werden, zuweilen schieben sie sich zu Häufchen zusammen, haften auch wohl gar an der Feder und dann wird die Schrift nicht so gut. In solchem Fall scheint im Russ Fett oder Feuchtigkeit zu sein; das lässt sich nicht immer vermeiden, wenigstens fanden wir keine sichere Abhilfe als Erneuerung der Berussung an einem anderen Tage.

Die betreffende Glasplatte, in der Figur überall mit *g* bezeichnet, wird auf einen Apparat gelegt, den Fig. 1 im Querschnitt zeigt. Auf einem Brett *a* sind metallene Träger *b* befestigt, welche zwei 35 ^{cm} lange, gegen einander geneigte Glasscheiben *c* tragen. Zwischen diesen gleitet ein Holzschlitten *d*, auf welchen eine Metallleiste *e* und Federn angebracht sind, um die berusste Glasplatte *g* festzustellen. Der Schlitten wird mit der Hand oder mit Maschinerie bewegt, im letzteren Fall findet an bestimmter Stelle eine Auslösung des Hakens, an welchem der Schlitten gezogen wird, statt. Weil die Metallrippen *b* alle aus einem zusammengelötheten Stück gearbeitet werden können, ist die Bewegung sehr gut.

Um auf der Glasplatte zu schreiben, bedarf es einer sehr zarten und genauen Einstellung der Feder, sowohl der von der Membran als der von der neben dieser angebrachten Stimmgabel. Beide Apparate werden an dem Metallrahmen Fig. 2 befestigt, auf das „wie“ gehe ich hier nicht ein, da die Befestigung mit complicir-

teren Einstellungsmechanismen verbunden ist. Der Rahmen *f* hängt mit Hülfe der Axe *z* an einer eisernen Stange *h*, würde also hinunter

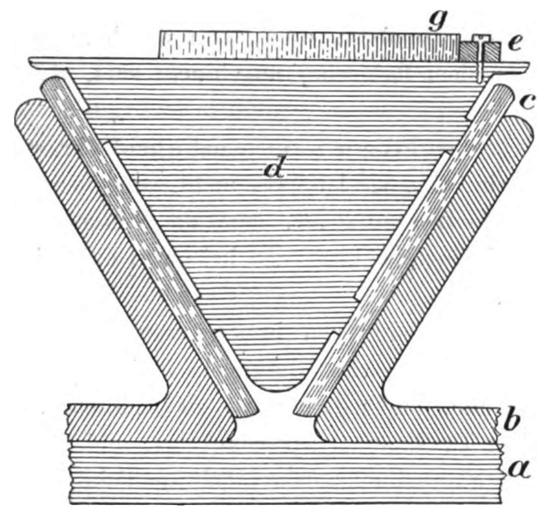


Fig. 1.

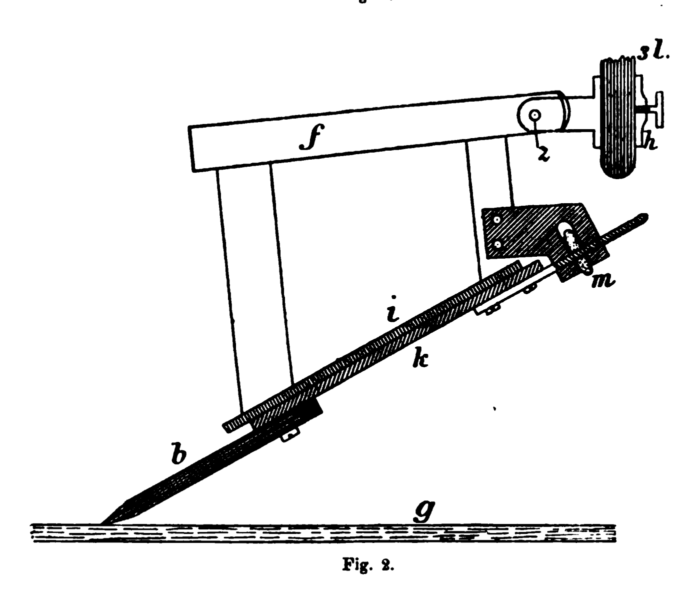


Fig. 2.

sinken, wenn er nicht auch noch durch die Stange *b*, welche sich auf die Glasplatte *g* stützt, getragen würde. Diese Stange hat in *i* und *k* Schlittenführung und kann durch die Schraube *m* und son-

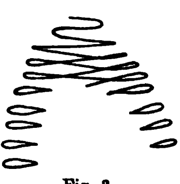
stige Mechanismen verstellt werden. Mit ihrer Hilfe wird es erreicht, dass die Feder der Stimmgabel in richtiger Spannung auf der Glasplatte steht, und dann diese Entfernung dauernd beibehält.

Die Feder der Membran wird dann durch andere Bewegungsapparate, die an dem Rahmen *f* angebracht sind, gleichfalls richtig gestellt.

Die schreibenden Federn müssen natürlich sehr spitz aber auch sehr biegsam sein, sind sie letzteres nicht, so geben sie ein solches Hinderniss für die Bewegung ab, dass die Stimmgabel kaum eine Secunde lang schwingt, während sie bei guter Feder kaum merklich beeinflusst wird.

Ich bin sehr befriedigt von breiten aber spitzen Glassplittern, die man durch Zerblasen von Glaskugeln in jeder Form und Feinheit gewinnen kann. Wendeler ist zu Stahlfedern, entnommen der Unruhe einer Taschenuhr, zurückgekehrt, und er hat die Spitzen durch Hämmern und Schleifen von tadelloser Feinheit erhalten. Die Federn werden auf dem Schreibhebel mit Klebwachs befestigt, dies wird Sache des Experimentators bleiben müssen.

Viele Jahre sind meine Bemühungen theilweise an der Befestigung dieser Feder gescheitert. Wenn ich früher alles aufs Beste geordnet hatte, die Schrift tadellos wurde und ich endlich daranging das beabsichtigte Wort zu schreiben, versagte die Feder fast regelmässig. Bei genauerer Beobachtung ergab sich endlich der Grund. Es zeigte sich nämlich, dass die Feder bei stärkerer Bewegung nur noch im Maximum der Elongation schrieb und hier, Fig. 3, bei genügend langsamer Verschiebung des Schlittens in Schleifen. Dies zeigte, dass die Feder sich beim Durchfliegen des *O*-Punktes der Glasfläche parallel legt und sich also vom Glas abhebt, an dem Umkehrpunkt dagegen auf das Glas zurückkehrt, um im Anfang der neuen halben Schwingung wieder das Glas zu verlassen. Die Ursache dieses auffallenden Verhaltens konnte nur die Centrifugalkraft sein und die Rechnung ergab, dass trotz der kleinen Elongation die Geschwindigkeit wohl gross genug wurde, um die Streckung der Feder zu bewirken. Nachdem dies erkannt war, musste die Feder so angeordnet werden, wie es Fig. 4 bei *r*


Fig. 3.

zeigt. Jetzt führt die Schwingung des Schreibhebels p um die Axe o nothwendig dazu, dass die Schreibfeder r durch die Centrifugalkraft auf das Glas niedergedrückt wird. Man kann diese Anordnung benutzen, um die Feder völlig geradlinig schreiben zu lassen. Der Schreibhebel p wird in der Ruhelage am weitesten auf das Glas hinabragen, bei jeder Schwingung um den Winkel α wird er sich etwa um die Strecke $p\,(1 - \cos\alpha)\sin\beta$ von dem Glase entfernen, wenn β der Winkel zwischen Glasfläche und Schreibhebel ist; seine Verlängerung würde zugleich auf dem Glase einen flachen Bogen beschreiben. Es lässt sich der Winkel β so wählen, dass

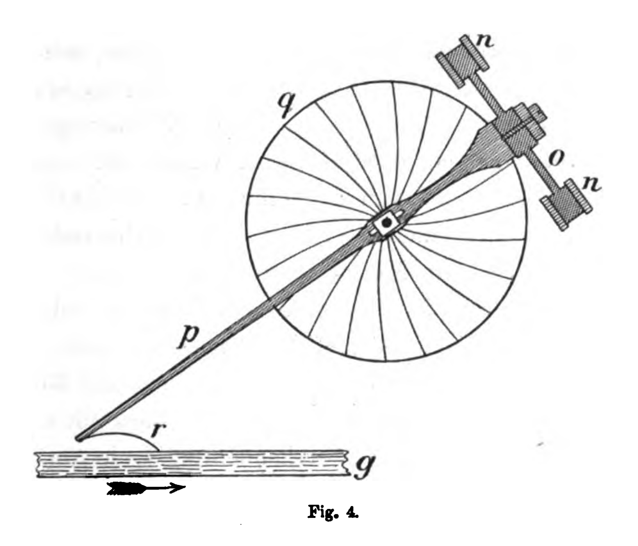


Fig. 4.

die schreibende Feder r die in der O-Lage etwas mehr wie bei jeder anderen Stellung des Schreibhebels nach der in der Fig. 4 rechten Seite hingedrückt werden wird, den Bogen des Hebels nicht mitmacht, sondern bei gewisser Elongation gerade Linien zieht. Berechnen lässt sich die Neigung, welche man dem Hebel p geben muss, allerdings nicht, weil die Centrifugalkraft noch mit in die Bewegung sowohl des Hebels wie der Feder eintritt. Wenn man jedoch etwa mit einer Orgelpfeife die Membran zum Schwingen bringt und nun den ganzen Apparat so um die senkrecht auf die Membran gerichtete Axe dreht, dass sich der Winkel β entsprechend gestaltet, so kann man selbst bei langsamster Verschiebung Formen

herstellen, die so gleichmässig und abgerundet verlaufen, dass sie den Eindruck völliger Freiheit von Fehlern machen. Genau kann dies nur für ganz bestimmte Elongationen gelten. Für Wendeler's Curven kam es auf den höchsten Grad dieser Genauigkeit nicht an, so dass wir nicht viel versucht haben, den Winkel richtig zu machen. Namentlich ist auch auf die Form der Stimmgabelcurve kein Werth gelegt, dieselbe war gut (wurde nur beim Abzeichnen unregelmässig) in Taf. II Fig. 9 und 10, war schlecht in Taf. III Fig. 16 und 17. Die Curven der Stimme sind jedoch fast alle annähernd correct geschrieben, als Beispiel merklich incorrecter Schrift ist jetzt nur Fig. 18 in Bezug auf das E zu nennen, hier wurde, wie man an den Punkten, welche je $\frac{1}{650}$ Sec. auseinander stehen, bemerken kann, sehr langsam gezogen und die Spitzen zeigen sich wahrscheinlich zu wenig abgerundet. Immerhin ist zu bedenken, dass die Zeichnung nicht die Originalcurve völlig correct wiederzugeben vermochte.

Der Schreibhebel p ist von Aluminium und ist auf der Mitte der Membran mit Hilfe einer derselben innen anliegenden Metallplatte durch Schraube und Mutter derart befestigt, wie die Fig. 4 zeigt. Die Drehungsaxe ist durch den Stahlstab g gebildet, auf welchem der Schreibhebel festgeschraubt ist. Diese Axe wird an beiden Enden durch die Klemmen n festgehalten, die Einrichtung dieser Klemmen ist aus der Fig. 5 zu erkennen. Durch Anziehen der Schraube m soll die Axe so fest geklemmt werden, dass sie bei den Schwingungen keine Drehung ausführen kann, aber die Axe muss doch durch die Hand oder bei zu grosser Spannung der Membran nachgeben können, um bequem die richtige Einstellung des Schreibhebels erhalten zu können. Die sehr kleinen Bewegungen, welche bei der Schwingung des über 10^{cm} langen Hebels an der Axe gemacht werden müssen, geschehen durch eine Reihe von Durchbiegungen. Theils wird der Hebel selbst eine kleine Biegung machen können, obgleich er ein Blatt von 1^{mm} Dicke und 3^{mm} Breite darstellt, theils wird auch die Verschraubung des Hebels ein wenig nachgeben, theils wird die Axe bei o eine kleine Torsion erleiden,

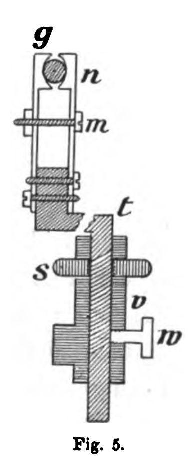


Fig. 5.

endlich biegen sich die Axenlager bei *m*, vielleicht auch der Träger der Lager bei *t*. Ich habe bisher nicht versuchen können, wo die Hauptdurchbiegungen stattfinden, meine Absicht war, die Biegung auf verschiedene Apparate zu vertheilen, um die Eigenschwingung, welche jedem einzelnen dieser Apparate unvermeidlich zukommt, durch Interferenz unwirksam zu machen. Ich glaube, dass diese Absicht geglückt sein muss, um so mehr als der Drehungswinkel 7 Minuten nicht überschreitet, meistens nur eine halbe Minute beträgt.

Die Membran besteht aus Goldschlägerhaut. Sie wird auf den Rand der Trommel, die 36 ^{mm} Durchmesser hat und ebenso tief ist, gebunden, dann durchfeuchtet und mit Hilfe eines Holzcylinders mit conischem Ende, der genau in die Trommel hineinpasst, trichterförmig vorgetrieben. Auf der Spitze des Holzes liegt die Metallplatte, gegen welche der Schreibhebel angeschroben wird. Man schraubt also den Hebel fest und lässt die Haut trocken werden; dann behält sie die beabsichtigte trichterförmige Gestalt und man kann den Holzcylinder entfernen.

Wenn die Membran feucht wird, wenn man sie z. B. anhaucht, flacht sie sich allmählich ab. Um dies zu vermeiden, habe ich sie früher befirnisst, wodurch sie etwas steifer wird. Es ist jedoch wohl vortheilhafter das Befirnissen zu vermeiden, man muss dann durch ein Rohr sprechen, welches am Ende durch eine völlig locker gebundene feinste Kautschuckmembran geschlossen ist.

In Folge der Festigkeit des Schreibhebels ist die Membran sehr unempfindlich; man muss die Sprachorgane sehr anstrengen, um Schrift zu erhalten. Wenn man jedoch das erwähnte Rohr mit einem passenden hölzernen Mundstück versieht, so kann man selbst die Flüstersprache schreiben, vorausgesetzt, dass man das Rohr bis dicht an die Membran vorschiebt, laute Sprache wirkt im letzteren Fall häufig etwas zu stark. Durch das bisher gebrauchte Mundstück wurde das A ziemlich zum O herabgedrückt, auch das A in Wendeler's Fig. 21 ist kein helles A, aber für die vorliegenden Zwecke kam es auf die Vocale nicht an, die Consonanten waren durch das Rohr gesprochen noch ganz gut.

Den unmittelbaren Beweis dafür, dass der in der geschilderten Weise construirte Apparat gut schreibt, habe ich mir dadurch ver-

schafft, dass ich ihn als Eddison'schen Phonographen verwendete. Er spricht wegen der grossen Dämpfung sehr leise, aber er spricht deutlich. Ausserdem wiederholt sich immer wieder dieselbe Klangfigur auch bei Aenderungen der Spannung der Membran und wenn ich an einer Zungenpfeife das Verhältniss des Ansatzrohres ändere, so zeigt die Curve diese Aenderung an. Wir haben jetzt ja überhaupt so zahlreiche Schallübertragungen in der Technik erhalten, die alle bis zu einem gewissen Grade gut wirken, dass man Deformation in Bezug auf die wesentlicheren Formationen der Curven nicht sehr ausgesetzt scheint, sofern die Curve nur überhaupt gut herauskommt.

Um die Schwingungsgeschwindigkeit zu controliren, schreibt neben dem Schreibhebel eine Stimmgabel. Wir haben dieselbe in der Regel zum Beginn des Versuches durch einen Schlag in Bewegung gesetzt, man kann sie jedoch auch durch einen Faden mit einer zweiten gleichen Stimmgabel in Verbindung setzen, dabei wird die Schrift anfänglich ein wenig gross.

Für eine genaue Schrift ist eine starke Dämpfung der Membran erforderlich, theils damit vermieden wird, dass durch Nachschwingungen das Ende, durch Summirung der Stösse der Anfang der Curve gefälscht werde, theils um zu bewirken, dass die Membran immer proportional der Luftbewegung schwinge und nicht etwa in gewissen Theilen der Skala verhältnissmässig stärker in Thätigkeit trete.

Christiani[1]) hat berechnet, dass bei dem Dämpfungsgrad, der zu Aperiodicität der Bewegung führt, der Resonanzbereich 5 ¼ Octaven beträgt, wenn $1/10$ der Intensität der Maximalresonanz als obere und untere Grenze gilt. Nach Helmholtz[2]) würde die Intensität des Mitschwingens durch eine Differenz von $\pm$ 2 Tönen auf $1/10$ reducirt werden, wenn die Intensität, also das Quadrat der Amplitüde nach 2,37 Schwingungen auf $1/10$ beim Ausklingen reducirt ist.

Ich habe den Schreibhebel meines Apparates durch einen Faden mit angehängtem Gewicht angezogen und während geschrieben wurde,

1) Verhandl. d physiol. Gesellschaft in Berlin, 18. April 1879.

2) Theorie d. Musik 1870 S. 221.

den Faden mit der Scheere durchschnitten; es werden meistens 6 bis 7 Schwingungen geschrieben, nur mit grosser Mühe erhalte ich 10 Schwingungen. Die Abstimmung der Membran ergab sich unter diesen Verhältnissen zu 650 Schwingungen.

Leider war der bisher benutzte Apparat noch nicht solide genug gebaut, um über das Abklingen sichere Messungen zu gestatten, für einigermaassen zutreffend halte ich folgende Zahlen:

	Ablenkung von der Ruhelage	Halbe Elongation der ersten halben Welle	Halbe Elongation der dritten halben Welle
	10	4,5	2
	11	4	1
	12	7	3
Mittel	11	5,1	2
Intensitätsverhältniss	121	26	4

Ich schliesse daraus, dass nach Verlauf von einer Welle die Intensität auf $1/10$ verringert sein dürfte. Darnach würde sich der Bereich der stärkeren Resonanz über etwa eine Octave erstrecken und die Curve stärkster Resonanz schon sehr flach sein, eine nennenswerthe Summirung der Stösse würde nicht mehr stattfinden. Immerhin könnten die Theiltöne von 400 bis 900 Schwingungen in der Schrift etwas bevorzugt worden sein.

Bei so starker Membranspannung, wie sie durch das gewaltsame Herausziehen des Hebels bewirkt wird, haben wir jedoch selten geschrieben. Die Abspannung der Membran wirkt ähnlich auf den Grad der Dämpfung wie die Herabsetzung der Richtkraft des Magneten durch den Hauy'schen Stab in der Wiedemann'schen Bussole, es wird die Dämpfung relativ vermehrt. Ich glaube daher annehmen zu dürfen, dass wir mit annähernd aperiodischer Schwingung gearbeitet haben werden, ich sah jedoch damals kein Mittel, den Zustand festzustellen. Die Membran hat die weitere Eigenthümlichkeit mit dem schwingenden Magneten gemeinsam, dass sie bei durch Verminderung der Richtkraft vermehrter Dämpfung leichter sich bewegt, weil ein um so grösserer Antheil des akustischen Anstosses für die Bewegung verfügbar ist, je weniger Kraft für die Ueberwindung der Spannung erforderlich wird. Eine andere Frage ist jedoch, ob die Bewegung der erschlafften Membran sich genügend auf den Schreibhebel

überträgt. Dass die Uebertragung bei grösster Spannung am vollkommensten sein müsste, scheint klar zu sein und deshalb erschien es wichtig, zunächst nicht mit der Abspannung zu experimentiren, sondern mit gut gespannter Membran die Correctheit der Curven zu sichern. Es wird Sache der Erfahrung sein zu bestimmen, bis zu welcher Grenze am gegebenen Apparat die Abspannung Vortheil bietet. Ich muss gestehen, dass die P-Curve 23α, die mit abgespannter Membran geschrieben wurde, gewisse Details zeigt, welche die anderen P-Curven nicht haben, jedoch glaube ich nicht, dass diese Details für den Eindruck des Consonanten wesentlich sein können.

Dass im Allgemeinen der Apparat nicht geneigt ist, Obertöne vorzutäuschen, wo dieselben fehlen, habe ich immer bestätigt gefunden. So habe ich denn auch von einem ausgeschnittenen menschlichen Kehlkopf sehr starke Schrift erhalten, die jedoch nur eine ganz unbedeutende, anscheinend dem zweiten Theilton entsprechende Zacke trägt. In der That hatte ich erwartet, eine grosse Anzahl von Theiltönen angedeutet zu finden und bin etwas überrascht zu sehen, dass dieselben fehlen. Es war übrigens ein sehr normaler weiblicher Kehlkopf, den ich prüfte, die Prüfung der männlichen Stimme würde noch zu versuchen sein.

Wendeler bezeichnet seine Arbeit als Vorstudien und zwar mit Recht. Ich glaube nicht, dass Wesentliches oder gar das Wesentlichste aus den Curven fortgeblieben ist, aber die Deutung der Curven wird meines Erachtens erst nach Verlauf heisser Discussion und dieser entsprechenden Arbeiten sicher gestellt werden können.

Wir sind bisher in folgender Richtung gescheitert. Wenn man die Silben „ack“ und „ot“ sagt, so pflegt man zu sagen ack ... kö und ot ... tö, kann aber sehr wohl ohne dies nachklappende k und t sprechen. Die Endexplosionen des letzteren Falles hat der Apparat bisher nicht befriedigend gegeben, der Vocal bricht dabei zwar etwas schärfer ab, als wenn er für sich allein plötzlich sistirt wird, aber ob ihm b, p, k, t folgten, wird nicht ersichtlich. Auch unser Ohr hört diese Endexplosionen verhältnissmässig schlecht und ist häufig auf das nachklappende Geräusch angewiesen, jedoch es vermag wenigstens die Gruppen zu erkennen, während ich nicht mehr b von p, d von t zu unterscheiden vermag, wenn kein Nachklapp folgt.

Wie ich glaube, liegen bisher noch keine Darstellungen von Consonantenbewegungen vor. Für die Vocale sind Versuche mit dem Scott-König'schen Phonographen gegeben, die aber unbefriedigend sind. Fleeming Jenkin und Ewing[1]) haben die Curven des Phonographen projicirt und analysirt. Ihre Methode erscheint vorzüglich und die Arbeit ist sehr sorgfältig ausgeführt, aber die Curven selbst sind relativ einfach und ungenügend, wie ein Vergleich mit den von uns gegebenen Curven sofort zeigt. Es erscheint auch nothwendig, dass ein so stumpfer Stift, wie er zu dem Eindrücken in das Staniol gebraucht werden muss, keine treuen Curven geben kann, da die Obertöne bei der anwendbaren Geschwindigkeit noch zum Theil in der Dicke des Stiftes verlaufen. Immerhin erscheint es sehr beachtenswerth, dass trotzdem die Sprache noch gut zu Gehör gebracht wird.

Ich habe selbst vor längerer Zeit einige Vocalcurven analysirt, jedoch die Summe der Ordinaten wurde durch die Analyse noch nicht genügend erschöpft. Ich mass mit sehr gutem Schraubenobjectivmikrometer 36 Ordinaten und ging bis zum 16. Theilton. In einem Falle, Vocal a mit 128 Schwingungen, wurden die Ordinaten bis auf 3 % gedeckt, ich setze deshalb das Resultat der recht grossen Rechnung hierher. Die Gleichung lautet:

$$Y = 1{,}69 \sin x + 3{,}14 \sin (2x + 6^\circ 56') + 8{,}77 \sin (3x + 17^\circ 20') + 8{,}60 \sin (4x - 22^\circ 57') + 22{,}90 \sin (5x - 73^\circ 33') + 9{,}19 \sin (6x + 46^\circ 58') + 2{,}74 \sin (7x + 67^\circ 9') + 7{,}88 \sin (8x + 177^\circ 42') + 6{,}82 \sin (9x + 135^\circ 2') + 4{,}47 \sin (10x + 14^\circ 41') + 5{,}61 \sin (11x - 58^\circ 23') + 2{,}14 \sin (12x - 65^\circ 28') + 3{,}66 \sin (13x - 29^\circ 6') + 3{,}56 \sin (14x - 301^\circ 72') + 6{,}71 \sin (15x - 75^\circ 51') + 2{,}26 \sin (16x + 93^\circ 52').$$

Die ungemeine Schwäche des Grundtons ist auffallend, sie findet sich selten so ausgesprochen, jedoch auch Jenkin und Ewing haben dasselbe, wenn gleich nicht in so hohem Maasse gefunden, sie erklärt die Schwierigkeit, bei nicht gesungenen Vocalen die Tonhöhe zu erkennen. Die Phasenverschiebungen würden übersichtlicher

1) On the harmonic Analysis of certain Vowel Sounds. Transact. of the r. Society of Edinburgh 1879 vol. 28 p. 745.

werden, wenn man den 5. Theilton ohne Phasenverschiebung setzen könnte, aber auch er wird nicht ganz ohne solche Verschiebung gewesen sein, so dass die entsprechende Umrechnung von mir unterlassen wurde. Kleine Fehler der Ordinatenmessung beeinträchtigen diese Wahrscheinlichkeitsrechnung der Furiere'schen Reihe erheblich und nur weil die Rechnung nahezu aufging, kann ihr als isolirtem Beispiel einiges Interesse zukommen.

Ich hoffe noch etwas weiter auf diesem Gebiet arbeiten zu können, aber das Feld ist nicht nur ein sehr grosses, sondern die Arbeiten bedürfen auch der Controle, so dass ich bitte, sofern das Thema auch Andere interessiren sollte, sich von einer Bearbeitung desselben durch meine Pläne nicht abhalten zu lassen.

Nachtrag.

Die „Betrachtungen über den Mechanismus des Paukenfells" von Ad. Fick (Verhandl. d. med. Gesellsch. in Würzburg 1886) veranlassen mich, dem Obigem noch Folgendes hinzuzufügen. Fick empfiehlt den Schreibhebel in langer Linie an der Membran zu befestigen. Auch ich habe, wie er, geglaubt, dass diese Befestigungsart akustisch wichtig sein könne, jedoch meine betreffenden Versuche hatten ein ungünstiges Resultat, die Membranen hatten einen ausgeprägten Eigenton und ich hatte bei dieser Befestigungsweise viele Schwierigkeiten zu überwinden, ohne dass ich einen Vortheil dabei erzielen konnte. Die unsymmetrische Einsenkung des Hammers erleichtert es meines Erachtens, das Trommelfell zu dämpfen, doch findet man, dass Thiere mit Columellen bereits auf diesen Vortheil verzichten. Ich erlaube mir noch Fick gegenüber darauf aufmerksam zu machen, dass starke Bewegung des Trommelfells, Berührung mit einer Sonde, einen nicht sehr lauten Knall gibt, starke Töne, laut directer mikroskopischer Beobachtung des todten Trommelfells, thatsächlich nur schwache Excursionen geben.

Ein Versuch, die Schallbewegung einiger Consonanten und anderer Geräusche mit dem Hensen'schen Sprachzeichner graphisch darzustellen.

Von

Dr. **Paul Wendeler.**

Gekrönte Preisarbeit aus dem physiologischen Institut der Universität Kiel.

(Mit Tafel II und III.)

Angeregt durch eine von der medicinischen Facultät zu Kiel gestellte Preisaufgabe unternahm ich den Versuch, von der Schallbewegung verschiedener Consonanten graphische Darstellungen anzufertigen.

Herr Professor Hensen hatte die Güte, mir für diese Zwecke seinen Sprachzeichner zu überlassen und mich in den Gebrauch desselben einzuweihen. Durch seine Unterweisung gewann ich allmählich das Verständniss der angefertigten Curven. Auch sonst hat er mich mit allen erforderlichen Hilfsmitteln, sowie mit Rath und That unterstützt, was ich einleitend und mit grossem Dank hier zu erwähnen hatte.

Auf eine Beschreibung des Hensen'schen Apparates, sowie auf die Methode, ihn zu gebrauchen, gehe ich hier nicht ein, da dieselben von berufenerer Seite gegeben werden sollen.

Die mit dem Sprachzeichner dargestellten Originalkurven sind mikroskopisch. Sie werden im physiologischen Institut zu Kiel aufbewahrt und können dort eingesehen werden. Die auf Tafel II und III beigefügten Abbildungen geben besonders in Frage kommende Partien aus einzelnen derselben wieder. Um diese Tafeln anzufertigen, wurden die Originale bei einer Vergrösserung von Leitz Okular II Syst. VII mit 2/3 ausgezogenem Tubus mit Hilfe eines Zeiss'schen Zeichenapparates abgezeichnet.

Die so gewonnenen Bilder wurden in geeigneter Weise auf Cartonblätter geordnet und auf 1/3 verkleinert photographirt.

Von den erhaltenen Negativs sind die beigegebenen Copien von Tafel II und Tafel III ein wenig vergrössert genommen. Gleichzeitig mit den Lautcurven schrieb der Sprachzeichner eine Zeitcurve mit einer Stimmgabel, die 690 Schwingungen in der Secunde macht.

In den Abbildungen wurde dieselbe, resp. statt ihrer eine Punktreihe, stets über die dazu gehörige Lautcurve gezeichnet. Eine Stimmgabelwelle oder der ihr gleichwerthige Raum zwischen zwei Punkten entspricht also immer 1/690 Secunde.

Die Richtung, in welcher die Curven geschrieben wurden und in welcher sie zu lesen sind, ist durch einen Pfeil angedeutet.

Die Curven sind durch Klammern in Abschnitte zerlegt. Neben der Klammer steht jedesmal der Buchstabe, durch dessen Aussprache der betreffende Abschnitt erzeugt wurde.

Aus technischen Gründen ist, abweichend von der sonst üblichen Darstellungsmethode, der positive Theil der Wellenbewegung durch ein Abweichen von der Gleichgewichtslage nach unten verbildlicht. Zieht man es vor, die positiven Phasen der Wellenbewegung durch einen Ausschlag nach oben gezeichnet zu sehen, so hat man nur nöthig, die Tafeln so zu drehen, dass die zur Bezeichnung der Curven geschriebenen Zahlen und Buchstaben auf dem Kopfe stehen. Man muss alsdann die Curven, auch jetzt der Richtung der Pfeile entsprechend, von rechts nach links lesen.

Von dem Consonanten R gelang es mir zuerst, brauchbare Curven darzustellen. Einige derselben sind in Tafel II Curve 1—10 abgebildet.

Curve 1 wurde durch Singen des Wortes Kara in gleichbleibender Tonhöhe erzeugt. Die Curve des K, sowie der grösste Theil des sich daran schliessenden A, wurde fortgelassen. Ebenso wurden von dem auf das R folgenden A nur wenige Wellen gezeichnet.

In den mittleren Parthien des abgezeichneten Abschnittes, die als graphische Darstellung des R angesehen werden müssen, fällt zunächst ein fortwährender Wechsel zwischen hoher und niedriger Schwingungsamplitüde in der Wellenbewegung auf. Dieser Wechsel ist kein jäher und plötzlicher, sondern ein ganz allmählicher. Die

Grösse des Wellenausschlages schwillt an und ab, ganz ähnlich, wie wir es in den Schwebungen mit einander interferierender Töne sehen. In Curve 1 finden wir 6 solche Pseudoschwebungen auf einander folgen. Die Zeitdauer der einzelnen Pseudoschwebungen ist annähernd gleich je 30 Stimmgabelschwingungen. Der R-Schall ertönte demnach in diesem Falle etwa 180 Zeiteinheiten (Stimmgabelschwingungen) hindurch, also ca. 0,25 Secunden.

Sehen wir nun unsere Curve genauer durch, so finden wir, dass die Tonhöhe durch die ganze Curve hindurch genau dieselbe bleibt. Auf eine Welle kommen immer $3^1/_2$ Zeiteinheiten. Die Note, auf welche das Wort gesungen wurde, hat also den Werth von ca. 200 Schwingungen in der Secunde.

Die Vocalwellen des A, welches dem R voraufgeht (auch die grosse Zahl der nicht abgezeichneten) zeigen alle jene ausserordentliche Gleichmässigkeit und Congruenz der einzelnen Wellenbilder, wie sie eben für den gesungenen Vocal charakteristisch sind. Nur die beiden letzten, noch deutlich in ihren Einzelheiten erkennbaren Wellen unterscheiden sich, auch von der kleineren Schwingungsamplitüde abgesehen, von ihren Vorgängern. Während in allen vorhergehenden nur der 4. Oberton deutlich ausgesprochen war, ist in ihnen der 5. zu erkennen. Nichtsdestoweniger ist der Eindruck, den diese Wellenbilder, im Ganzen betrachtet, machen, dem der vorangegangenen ausserordentlich ähnlich.

In der folgenden Welle ist die Schwingungsamplitüde so niedrig geworden, dass man nur schwer ihre Grenzen zu bestimmen vermag. Schon während der beiden alsdann kommenden Wellen wächst die Amplitüde so, dass man nach ihnen wieder das zu Anfang gesehene, wohl charakterisirte Wellenbild erhält, welches aber ebenfalls den 5. Oberton zeigt. In ähnlicher Weise verlaufen die sämmtlichen 6 Pseudoschwebungen.

Nachdem mit ihnen das R beendigt ist, folgt das End-A, das in seinen ersten 9 Wellen in gleicher Weise, wie wir es in der R-Curve fanden, den 5. Oberton enthält und auch sonst mit dem Wellenbilde desselben ein vollkommen übereinstimmendes Aussehen zeigt. In den dann folgenden A-Wellen ist wieder nur der 4. Oberton vorhanden.

Auch in Curve 2, die ebenfalls dem gesungenen Worte Kara ihre Entstehung verdankt, sehen wir die oben als Bild der Schallbewegung des R beschriebenen Pseudoschwebungen. Auch hier finden wir in ihnen das Wellenbild des angrenzenden Vocales wieder. Diesmal bleibt durch die ganze Curve hindurch derselbe Oberton der herrschende. Dahingegen zeigt der Habitus des ganzen Wellenbildes eine, wenn auch nur geringe Labilität, die anscheinend durch einen Intensitätswechsel in den Obertönen bedingt ist. Dieser unbedeutende Wechsel in dem Aussehen des Wellenbildes beginnt kurz vor dem Einsetzen des R und hört bald nach dem Ertönen desselben auf.

Auch in diesem Falle wurde das Wort zur Erzeugung der Curve auf eine Note von annähernd 200 Schwingungen in der Secunde gesungen.

In der folgenden Curve 3, zu deren Darstellung wieder das Wort Kara gesungen wurde, ist die Tonlage etwas tiefer. Auf eine Secunde kommen ca. 150 Vocalwellen. Bei der Aufzeichnung dieser Curve war die translatorische Geschwindigkeit etwas grösser als bei der vorhergehenden. Wenn uns auch in diesem Falle die einzelnen Wellenbilder nicht so schön und klar entgegentreten, so erkennt man doch mit Sicherheit, dass der Typus der Wellenbewegung sowohl vor den Pseudoschwebungen, als auch in und nach denselben wiederum der gleiche ist.

Curve 4 α zeigt neben den Charakteren, auf welche schon bei den vorhergehenden genügend hingewiesen ist, die Besonderheit, dass in ihr nur zweimal das Fallen und Steigen der Schwingungsamplitüde, das wir oben als Pseudoschwebung kennen lernten, vorkommt. Auch sie verdankt dem gesungenen Worte Kara ihre Entstehung.

Betreffs Curve 5 brauche ich nur auf das über Curve 2 Erörterte hinzuweisen.

Auch durch Singen anderer Worte, in welchen vor und nach dem R derselbe Vocal ertönte, z. B. Koro u. s. w., erhielt ich stets analoge Erscheinungen betreffs der Pseudoschwebungen und der fast vollkommenen Identität ihrer Wellenbilder mit denen der Vocale. Ebenso auch, wenn ich ein Wort, das mit einem R endete, sprach, z. B. Kater. — Alle diese Curven waren relativ leicht zu erhalten.

Ihr Aussehen ist in den Originalen schöner als in meinen Zeichnungen. Auch die Charaktere treten dort deutlicher hervor.

Die nun folgenden Curven Tafel II, 6 und 7, 8, 9 und 10, wurden durch gesprochene Worte erzeugt. Curve 6 und 7 stellt das Wort Karre dar. Zunächst sehen wir den Consonanten K aufgeschrieben. Er ist nicht besonders gut gelungen und interessirt uns augenblicklich noch nicht. Das Bild des dann folgenden, ganz abgezeichneten A ist ein anderes, als wir es in den oben betrachteten gesungenen Vocalen gefunden haben. Während dort die Wellenbilder durch die ganze Curve hindurch annähernd das gleiche Aussehen boten und nur in der Nähe des Consonanten eine ganz geringe Aenderung zeigten, ist hier die Form des Wellenbildes in einem fortdauernden Wechsel begriffen, so dass jede Welle von ihrer Nachbarin ein wenig verschieden ist. In der Tonhöhe des Vocalklanges vermag ich auch bei möglichst genauem Zählen keine Schwankungen zu entdecken, die hierfür verantwortlich zu machen wären. Dahingegen glaube ich starke Differenzen in dem Verhalten der Obertöne des Vocalklanges zu sehen. In den ersten auf das K folgenden Vocalwellen sind die in dem Klange enthaltenen Obertöne nicht deutlich zu bestimmen. Etwas später erkennt man auf der Grundwelle stark ausgeprägt den 3. und weniger stark den 6. Oberton. Auch in dem ganzen weiteren Verlauf des Vocales finden wir überall den 3. und 6. Oberton ausgesprochen. Nur ihre relative Intensität sowohl zu einander, als auch zum Grundton scheint sich dauernd zu ändern und so die grosse Verschiedenheit in dem Aussehen der einzelnen Wellenbilder vielleicht wesentlich durch Phasenverschiebung zu bedingen. — Wenn ich sehe, wie während des Sprechens eines Wortes die Mundhöhle, auch während der Vocal ertönt, fortwährend ihre Form und Grösse und somit auch ihre Resonanzverhältnisse etwas ändert, so ist mir diese Beobachtung sehr begreiflich. Andererseits steht auch wieder das dauernd gleichmässige Aussehen des gesungenen Vocales völlig damit im Einklange, dass wir beim Singen die Mundhöhle während des Ertönens eines Vocales möglichst fest dieselbe Form behalten lassen.

Nachdem wir so erkannt haben, dass in einem gesprochenen Worte der Vocal in seinem Wellenbilde einem fortwährenden Wechsel

unterworfen ist, werden wir darauf gefasst sein müssen, bei dem Versuch, das Vocalwellenbild in den Pseudoschwebungen unserer gesprochenen Kurven wieder zu suchen, auf grössere Schwierigkeiten zu stossen.

In unserer Curve 6 und 7 fällt zunächst auf, dass die grösste Schwingungsamplitüde in den Wellen der ersten Pseudoschwebungen etwa der des vorhergehenden Vocales entspricht, während in den letzten Pseudoschwebungen die Wellen der Höhe nach denen des nachfolgenden, viel niedrigeren Vocales gleichen.

Schon hierdurch wird die Vermuthung nahe gelegt, dass wir in den ersten Pseudoschwebungen die Wellen des vorangehenden, in den letzten die des nachfolgenden Vocales zu suchen haben. Betreffs der letzten Pseudoschwebungen können wir uns von der Richtigkeit dieser Vermuthung durch den Anblick überzeugen. Dass diese Vermuthung in ihrer ganzen Ausdehnung der Wirklichkeit entspricht, davon überzeugt uns die folgende Curve 8 (Karro) und noch mehr Curve 9 und 10 (Karro). Hier können wir auch noch constatiren, dass die beiden in den Pseudoschwebungen auftretenden Wellenbilder zweier verschiedener Vocale nicht durch eine scharfe Grenze von einander geschieden sind, sondern allmählich, gewissermaassen durch ein indifferentes Stadium in einander übergehen.

Curve 4 β wurde durch Aussprache des Wortes Karre erzeugt. Abgezeichnet wurde nur der letzte Theil des A und der Anfang des R, in dessen erster Pseudoschwebung wir deutlich die Welle des vorhergehenden Vocales erkennen.

Nach Allem, was wir nun gesehen haben, scheint es mir nicht schwer, eine Definition des R-Schalles zu geben. Derselbe entsteht durch eine rhythmisch wiederkehrende Abschwächung desjenigen Vocales, zu dessen Silbe der Consonant gehört. Diese rhythmische Abschwächung wird erzeugt durch eine passive, vibrirende Bewegung der Zunge, durch welche dem den Stimmklang führenden Luftstrom der Durchtritt durch die Vocalhöhle bald stark eingeengt, bald genügend freigelassen wird.

Ob das R am Anfang oder am Ende einer Silbe steht, ist vollkommen gleich, immer finden wir die entsprechende Vocalwelle darin, wie ich dies bei den verschiedensten Worten beobachtet habe.

Spricht oder singt man ein Wort, in dem eine Silbe mit *R* schliesst, während die folgende mit demselben Consonanten anfängt, so wird man unmittelbar nach dem Ende des ersten Vocales in den Pseudoschwebungen des R auch seine Wellen finden; unmittelbar vor dem 2. Vocale hingegen die Wellen dieses.

Die mittleren Parthien des Consonanten aber sind, entsprechend dem Uebergange von einer Vocalhöhle in die andere, als Uebergangsbilder aufzufassen.

Auch mit unserem Ohr vermögen wir deutlich wahrzunehmen, dass dem R, wie wir es in der Sprache verwenden, stets das Timbre des dazu gehörigen Vocales anhaftet. So z. B. wenn man die Silben Ra, Re, Ri, Ro, Ru u. s. w. hinter einander ausspricht. Ebenso hört man deutlich in dem Worte Karro und ähnlichen zwei verschiedene R, das eine mit dem Klange des A, das andere mit dem des O, und zwischen beiden ein allmähliches Uebergehen von einem zum andern.

In Curve 11, 12 und 13 haben wir ein Bild des grössten Theiles der Schallbewegung, welche dem gesprochenen Worte Kasse entspricht. Das doppelte S wurde sehr lange angehalten, daher die grosse Ausdehnung des entsprechenden Curventheiles. Zunächst sehen wir ein schönes K, das uns augenblicklich noch nicht interessirt. An dieses schliesst sich das nicht minder gut gelungene A. Darauf folgt die S-Bewegung.

Der erste Theil derselben ist etwas undeutlich geschrieben. Der auf ihn folgende, weitaus grösste Abschnitt der Curve zeigt ein überaus buntes Bild von scharf ausgeprägten kleinen Wellen, deren Aneinanderreihung in mannigfachster Weise zu wechseln scheint und den Eindruck der grössten Unregelmässigkeit erweckt. Uebrigens muss man bei dem Studium der Curve beachten, dass die translatorische Bewegung bei ihrer Aufzeichnung allmählich an Geschwindigkeit abnahm (vergl. die Zeitcurve). Die Schallhöhe der höchsten in diesem S enthaltenen Geräusche schwankte an verschiedenen Stellen von 700—1000 Schwingungen pro Secunde. Betrachtet man die Curve aufmerksam, so findet man, dass an vielen Stellen ein gewisser Wechsel in der Aufeinanderfolge verschiedener Wellentypen vorhanden zu sein scheint, in der Weise, dass auf eine Reihe

von unter einander etwas verschieden gestalteten, kleinen, einfachen Wellen eine Reihe folgt, in welcher auf etwas grösseren Grundwellen 1—2 Partialschwingungen zu sitzen scheinen. Doch ist dieser Wechsel ein so unregelmässiger und ist das Bild der einzelnen Wellengruppen von einander so abweichend, dass man überall einen anderen Eindruck erhält, der zwar an Vorhergehendes erinnert, aber doch von ihm ganz verschieden ist.

Eine gute S-Curve zu erhalten ist schwierig.

Die des öfteren wiederholten Versuche, von der Schallbewegung des Ch graphische Darstellungen anzufertigen, stiessen ebenfalls auf erhebliche Schwierigkeiten.

Curve 14 und 15 auf Tafel III gibt das beste erzielte Resultat wieder. Es wurde das Wort Achen gesprochen. Nur das Ende des A und der Anfang des E nebst dem dazwischenliegenden Consonanten wurden abgezeichnet.

Curve 16 und 17 wurden durch Aussprache desselben Wortes erzeugt. Die Curven 18 und 19 verdanken beide dem Worte Ocho ihre Entstehung.

In jeder dieser 4 Curven finden sich, besonders gegen das Ende des Ch hin scharf ausgesprochen, langgestreckte wellenförmige Bewegungen, welche je 13—15 Stimmgabelschwingungen entsprechen. Sie gehören nicht zum Bilde des Ch und entstammen einer kleinen im Apparat gelegenen Fehlerquelle, nämlich der nicht völlig festen Aufhängung der schreibenden Membran, die nur durch eine solidere Herstellung des Apparates zu vermeiden gewesen wäre. In Curve 14 und 15 trüben sie am wenigsten das Bild.

In dem Ch-Theil dieser Curve sehen wir wieder ein An- und Abschwellen der Schwingungsamplitüde, ähnlich wie wir es bei Betrachtung des R kennen lernten. Doch ist hier das Auftreten derselben in jeder Hinsicht unregelmässiger. Die Schwingungsamplitüde bleibt stets erheblich niedriger und die Wellenbilder haben überall ein anderes Aussehen, so dass von einem bestimmten Typus nicht die Rede sein kann.

An vereinzelten Stellen sieht man Wellen von sehr hoher Schwingungszahl darin enthalten, welche ungefähr die Zahl 1000 per Secunde erreichen.

Das Auftreten der Pseudoschwebungen in unregelmässiger Weise zeigt sich auch in den drei anderen Ch-Curven mehr oder weniger ausgesprochen und ich glaube, dass dasselbe in der That als Ausdruck einer R-artigen Bewegung anzusehen ist; wenigstens hörte ich beim Aussprechen der Worte dieselbe deutlich und fühlte auch in der Gegend des Gaumsegels resp. des Zäpfchens ein deutliches Vibriren. Dieser R-Laut unterscheidet sich von dem, welchen wir schon kennen lernten, besonders dadurch, dass er stets ohne Ertönen der Stimme gesprochen wird. Ob wir von dem eigentlichen Ch-Geräusch viel in unseren Curven sehen, wage ich nicht zu behaupten.

Curve 20 gibt uns eine graphische Darstellung des F-Geräusches. Dieselbe wurde durch Sprechen des Wortes Affa erhalten. Das Anfangs-A, sowie der erste nicht gelungene Theil des F wurden fortgelassen. Durch die Niedrigkeit und Kleinheit der Wellen erinnert die Curve etwas an die oben betrachtete S-Curve. Auch hier ist in der ganzen Curve eine grosse Unregelmässigkeit in der Gruppirung und Zusammensetzung vorhanden, so dass die Curve an jeder anderen Stelle ein anderes Aussehen hat. Die höchste darin enthaltene Tonhöhe der Geräusche ist erheblich höher als beim S. Sie beträgt ca. 1500 Schwingungen in der Secunde.

Curve 21 α ist der Anfang dessen, was mir der Sprachzeichner gab, als ich das Wort Bello sprach. Es wurde nur das B und der Anfang des nachfolgenden E abgezeichnet. Curve 22 dankt dem ebenfalls gesprochenen Worte Bemmo ihre Entstehung. Sie gibt uns ein Bild des ganzen Wortes.

Beachten wir zunächst den Consonanten B, so finden wir in Curve 22 als einzige Spur desselben einen niedrigen Vorschlag, der etwa 1 ½ Wellen darstellt und der Zeit nach ungefähr 2 ½ Stimmgabelschwingungen entspricht. Gleich darnach setzt sofort der Vocal deutlich ein, schnell zu hoher Schwingungsamplitüde anwachsend. In Curve 21 α ist das B erheblich länger gerathen Es setzt sich aus einer etwas höheren Initialwelle und 4 sich daran schliessenden niedrigeren, allmählich abklingenden Wellen zusammen, an deren letztere sich sogleich der Vocal anschliesst.

Diese beiden B-Curven stellen gewissermaassen die Extreme der angefertigten Curven des B-Schalles dar. In manchen Fällen

erhielt ich, genau so wie in Curve 22, nur einen kurzen Vorschlag von 1 bis 1 1/2 Wellen als Ausdruck des Consonanten, in der Mehrzahl der Fälle waren 2—3 einfache Wellen vorhanden, von denen immer die erste die höchste war. Sehr selten konnte ich 4 derartige Wellen zählen, 5 nur einmal, in der abgezeichneten Curve 21 α.

Es geht hieraus hervor, dass in einem gesprochenen Worte dem B-Geräusch nur eine sehr kurze Zeit gelassen wird. Mit einem Vorsprung von nur 2—3 sehr kurzen Wellen eilt es dem Vocal vorauf.

Dieses Resultat stimmt sehr gut mit dem überein, was schon Kempelen über das B angab. Er fand nämlich, dass beim Aussprechen eines B mit nachfolgendem Vocale schon beim Lösen des Verschlusses die Stimme ertönt.

Betreffs der Configuration der B-Curven ist noch zu erwähnen, dass es nach den erhaltenen Resultaten erscheint, als ob sie sich aus einfachen sinusoiden Wellen ohne Oberwellen zusammensetzen. Weiter ist bemerkenswerth, dass stets die erste Welle die höchste ist und dass die folgenden allmählich abklingen.

Den vom B erhaltenen Bildern sind die T-Curven ähnlich. Curve 24 α und 24 β geben Proben davon. Beide wurden durch Aussprechen des Wortes „Otto“ erzeugt. In beiden Zeichnungen sind zunächst einige Wellen vom Anfang des O wiedergegeben. Sie charakterisiren sich als Wellen eines gesprochenen Vocales. An dem nicht abgezeichneten Ende der ersten Silbe findet sich nichts, was als Ausdruck des hier zu erwartenden Verschluss-T (Ot-) aufzufassen wäre, vielmehr scheint die Silbe einfach als Vocal auszuklingen. In den Originalcurven folgt nun eine Pause, nach dieser die graphische Darstellung der Luftbewegung, welche dem -to entspricht.

In unsern beiden Zeichnungen sehen wir hier zunächst ein ähnliches Bild, wie wir es als Ausdruck des B in Curve 21 α kennen lernten. Eine etwas höhere Initialwelle wird von einer Anzahl niedriger werdender, abklingender, einfacher Schwingungen gefolgt. In Curve 24 α setzt sich das T-Geräusch im ganzen aus 4 Wellen zusammen, in Curve 24 β zählen wir deren 6. In vielen andern Fällen fand ich ihre Anzahl noch grösser.

Mehr als 11 Wellen habe ich nie gefunden. Bei dieser grössten Zahl war die Schwingungsamplitüde der letzten Wellen nur eine minimale. Bisweilen folgte noch eine ganz kurze Pause, bevor der folgende Vocal einsetzte. In der weitaus grössten Zahl der genauer untersuchten Curven waren 7—9 Wellen vorhanden. Stets fand sich dasselbe Bild allmählich abklingender Schwingungsamplitüde, wie wir es in den beiden gegebenen Abbildungen sehen.

In zwei Hinsichten unterscheidet sich das Bild des B-Schalles von dem des T. Zunächst in der Schallhöhe. In Curve 21 α verlaufen die 4 ersten B-Wellen in 5 Zeiteinheiten. In den gezeichneten T-Curven finden wir auf die 4 ersten Wellen 6½ Stimmgabelschwingungen. Sodann setzt beim T der nachfolgende Vocal meist erheblich später ein (nach 6—9 Wellen) als beim B (nach 2 bis 3 Wellen).

Die Schallwellen des T-Geräusches scheinen mir sehr gut mit den Wellen vergleichbar zu sein, welche im Wasser entstehen, wenn man einen Stein hineinwirft. Auf den einmaligen Stoss erfolgt zunächst eine etwas höhere Welle, dann einige abklingende, allmählich kleiner werdende. Sie verlaufen beim T, wenn nicht früher der mit erheblich höherer Amplitüde einsetzende Vocal die letzten sehr niedrigen Wellen spurlos abschneidet, etwa mit der 11. Welle.

Weiter ist das Schallbild des T-Geräusches in mancher Hinsicht den allerdings viel complicirteren Curven des von Hensen dargestellten Knallgeräusches ähnlich (vergl. Curve 26 γ, 26 δ u. 26 ε). Auch sie verdanken einem einmaligen kurzen Stoss ihre Entstehung und verlaufen demgemäss mit gleichmässig fallender Schwingungsamplitüde. Bei ihnen findet sich fast stets ein Vorschlag von einer oder mehreren sehr flachen Wellen; selbiger kommt auch beim T-Bilde bisweilen zur Beobachtung.

In Curve 24 γ und 24 δ gebe ich noch 2 Curven, die durch das Explosiv-T am Ende des Wortes resp. der Silbe erzeugt wurden. Sie sind stets durch eine längere Pause von dem vorhergehenden Vocale getrennt und bieten ein etwas anderes Bild, wie das oben untersuchte T. Von dem stets auf das isolirt gesprochene T folgenden, unbestimmt vocalisch klingenden Geräusch sind sie nicht gut zu trennen.

Gelegentlich einer graphischen Darstellung des Wortes „Pfründe“ erhielt ich als Anfang der Silbe -de das in Curve 25 α gezeichnete Bild. Dem Typus nach ähnelt der wohl als Ausdruck des Consonanten D aufzufassende Theil sehr unsern T-Curven. Er besteht aus einer niedrigen Vorschlagwelle und einer dann folgenden höheren Initialwelle, an welche sich 5 abklingend niedriger werdende Wellen anschliessen. Nur in der Tonhöhe unterscheidet sich diese Curve erheblich von denen des T. Dieselbe ist viel grösser. Auf die 4 ersten Consonantenwellen kommen nur 3 Stimmgabelschwingungen. Weitere Curven wurden vom Consonanten D nicht angefertigt.

Sehr leicht gelingt es, Curven von den Consonanten M, N und L darzustellen. In Curve 21 β sehen wir ein L verbildlicht, das dem Worte „Bello“ entnommen wurde. Curve 21 δ gibt uns ein N, das durch Aussprechen des Wortes „Achen“ gewonnen wurde. Ein Doppel-M ist seiner ganzen Länge nach in Curve 22 (Bemmo) abgezeichnet. Diese drei Curven charakterisiren sich einfach als Vocalcurven und zwar als solche von gesungenen Vocalen. Sie setzen sich aus einer Reihe von Wellen zusammen, die, abgesehen von geringen Unterschieden in der Schwingungsamplitüde des gesammten Wellenbildes, in jeder einzelnen Curve unter einander vollkommen gleichwerthig sind. Dem in dem Worte „Bemmo“ enthaltenen doppelten M entsprechen auch in unserer Curve 22 zwei verschiedene Bilder. Die erste Hälfte des M zeigt den 3. Oberton, in der zweiten Hälfte ist noch der 7. Oberton zu dem 3. hinzugekommen. Wenn ich das Wort „Bemmo“ ausspreche, glaube ich auch, 2 deutlich verschiedene M zu hören.

Nach diesen Resultaten bin ich geneigt, M, N und L einfach als Vocale aufzufassen, als welche sie mir auch schon durch ihre Entstehung charakterisirt zu sein scheinen.

Sie ertönen, während die Mundhöhle für jeden eine ganz bestimmte Gestalt inne hält.

Durch diese besondere Form der Mundhöhle, die ich den Vocalhöhlen gleichsetze, werden ebenso, wie bei der Bildung anderer Vocale, bestimmte Partialtöne des Stimmklanges verstärkt.

Darin, dass beim M und N die Resonanzhöhle so gebildet ist, dass der Luftstrom, durch den die Stimmbänder angeblasen werden,

nicht durch den Mund, sondern durch die Nase entweicht, finde ich keinen Grund, sie den Consonanten beizuzählen. Auch ein besonderes, den Stimmklang begleitendes Geräusch, wie es im W enthalten ist, höre ich nicht. Unter den Vocalen nehmen sie insofern eine Sonderstellung ein, als ihre Curve auch in gesprochenen Worten denen von gesungenen Vocalen gleicht. In Curve 21 γ habe ich zum Vergleich das Bild eines gesungenen A beigefügt[1]).

Die Curven 23 α, β, γ, δ, ε und ζ sollen uns eine Anschauung von dem Schallbilde des Consonanten P geben. Sie bieten ein so verschiedenes Aussehen, dass es mir nicht möglich ist, einheitliche Gesichtspunkte für eine Charakteristik darin zu finden.

Während bei Darstellung von Curve 23 β, δ, ε und ζ die schallempfindende Membran des Phonoautographen ebenso stark gespannt war, wie bei allen vorhergehenden Curven, wurde Curve 23 γ mit erheblich geringerer Spannung geschrieben. Für Curve 23 α wurde alsdann die Spannung noch mehr herabgesetzt. Es zeigte sich hierbei die interessante Thatsache, dass mit der Abschwächung der Spannung die P-Curve erheblich höher und deutlicher wurde, während beim Vocal zwar ebenfalls die Schwingungsamplitüde zunahm, dagegen aber schon nach den ersten 3—5 Wellen die Schrift vollkommen durch einander lief und von Wellen nicht mehr gut die Rede sein konnte.

Es zeigte sich demnach eine schwache Spannung der schallpercipirenden Membran günstig für die Darstellung der Consonanten, ungünstig für die der Vocale und umgekehrt; die Stärke der Einspannung des Schreibhebels blieb dabei unverändert, aber da die Membran sich freier bewegen konnte, scheint sie stärker an dem

---

1) Zu diesen Curven erlaube ich mir folgendes zu bemerken. Es spielt bei M, N und L der sog. unbestimmte Vocal eine grosse Rolle und hier wie bei den meisten Curven der Consonanten ist es ausserordentlich schwer zu sagen, was den charakteristischen Eindruck auf das Ohr hervorbringt. Ich meine zu hören, dass der charakteristische Eindruck, den M und N hervorbringen, ganz im Anfang der Curve liegen muss, beim angehaltenen L tritt der charakteristische Eindruck zuweilen im Verlauf des unbestimmten Vocals wieder auf. Die zu überwindende Schwierigkeit liegt wohl unzweifelhaft darin, die Bewegungsmomente der Curve festzustellen, die den Consonantencharakter bilden und sie abzugrenzen gegen die nachfolgende und sich anlehnende Schwingungsbewegung, die für sich als ŏe (d. h. kurzes ō) gehört zu werden pflegt. Hensen.



Schreibhebel gerissen zu haben. Die Amplitüden sind dabei grösser geworden, die Curve zeigt aber wesentlich den gleichen Typus und hat in Wirklichkeit kaum an Güte gewonnen.

Wenden wir uns nun zum Consonanten K.

In Curve 11, 25β, 25γ 25δ, 25ε, 26α und 26β finden wir recht bunte Bilder von seiner Schallbewegung.

25β, 25γ, 25δ und 25ε wurden durch Sprechen des Wortes „Okko" erzeugt; 26α und 26β sind durch Singen des Wortes „Koro" entstanden.

In Curve 25β, welche den Anfang der Silbe -ko wiedergibt, treffen wir zunächst auf eine zierliche Schrift von einer in Verhältniss zum folgenden Vocal niedrigen Schwingungsamplitüde. Sie grenzt sich scharf gegen den folgenden Vocal ab und ist als Ausdruck des K anzusehen. Ihre zeitliche Dauer beträgt 28 Stimmgabelschwingungen. An wenigen Stellen findet man darin Wellen zu Gruppen angeordnet, wie sie sich in einzelnen Obertongruppen des folgenden Vocales wiederfinden lassen. Es scheint, dass diesen ähnlichen Gruppen auch gleiche Zeitabschnitte entsprechen.

Weiter bemerkt man noch eine etwas hinter der Mitte des K auftretende grössere Höhe der Schwingungsamplitüde.

In Curve 25δ sind diese beiden letzteren Verhältnisse noch deutlicher ausgesprochen. Dahingegen erscheint hier das Ende des Consonanten und der Beginn des Vocales weniger scharf begrenzt, so dass man nicht recht weiss, wo der eine aufhört und der andre anfängt. Aehnlich verhält sich Curve 25ε. In Curve 25γ hingegen sind Vocal und Consonant wieder scharf begrenzt, der Vocal ertönt, nachdem 18 Zeiteinheiten verflossen sind. Auch in dieser Curve erkennt man Wellenformationen im Consonanten, die mit Obertongruppen des Vocales die oben erwähnte Aehnlichkeit haben.

Das K in Curve 11 und besonders in Curve 26α und 26β zeigen wieder ein anderes Aussehen.

So scharf und schön diese sämmtlichen K-Curven auch gerathen sind, so vermag ich doch nicht, aus ihnen den Charakter des Consonanten zu ersehen.

Spricht man nach einander verschiedene mit einem K beginnende Silben aus, z. B. Ka, Ke, Ki u. s. w., so hört man deutlich, dass

das K vor jedem andern Vocal einen andern Klang hat. Man hört es schon dem K-Geräusch an, welcher Vocal folgen wird. Es trägt eben dieser Consonant stets das Timbre des dazu gehörigen Vocals. Es liegt das auch ganz in der Natur der Sache, da ja das K-Geräusch zunächst die sich bildende und unmittelbar vor dem Einsetzen der Stimme die fertige Vocalhöhle als Resonator hat. Es muss dies natürlich auch in unsern Curven ausgeprägt sein, nachzuweisen aber vermögen wir es nicht.

Der Vorgang der K-Bildung gestaltet sich etwa folgendermaassen:

Die Mundhöhle formirt sich zunächst als Vocalhöhle für den auf das K folgenden Vocal, doch mit der Modification, dass der Unterkiefer dem Oberkiefer etwas mehr genähert ist und die mittleren Partien der emporgewölbten Zunge (bei jedem Vocal etwas verschieden) den Mundkanal nach hinten luftdicht absperren.

Nachdem alsdann der Luftdruck im Thorax etwas erhöht ist, wird plötzlich der Unterkiefer um ein geringes nach unten bewegt. Die Zunge folgt demselben und ändert gleichzeitig ihre Form ein wenig. Dadurch wird zunächst eine enge, sich allmählich verbreiternde Passage für den Luftstrom frei und wir hören ein scharf einsetzendes Geräusch. Während dieses Geräusch ertönt, geschieht die Spannung und Einstellung der Stimmbänder und endlich setzt der auf das K folgende Vocal ein, für dessen Bildung die Mundhöhle inzwischen schon formirt war.

Auf Tafel III sehen wir noch in Curve 26γ, 26δ und 26ε drei Knallkurven, die von H e n s e n durch Zerplatzen von kleinen, mit Luft gefüllten Papierdüten (Cigarrendüten) erzeugt wurden. Curve 26ε zeigt langgestreckte wellenförmige Bewegungen, die einer Fehlerquelle des Apparates ihre Entstehung verdanken. In den Curven 14—19 stiessen wir schon auf denselben Fehler.

Curve 27 zeigt uns zum Schlusse noch ein tonlos, aber sehr scharf schnarrend gesprochenes R. Auch hier sehen wir Pseudoschwebungen auftreten. Dieselben unterscheiden sich in ihrem Inhalt wesentlich von den früher kennen gelernten. Sie enthalten keine zusammengesetzten Wellenbilder, sondern anscheinend nur einfache sinusoide Schwingungen.

Die Erklärung hierfür liegt auf der Hand. Durch den Schlag der Zunge wird jedesmal die in der Mundhöhle eingeschlossene Luftmenge in Schwingungen versetzt und schwingt in der Höhe ihres Eigentones, etwa so, wie eine angeschlagene Stimmgabel. Die so schnell hinter einander erschallenden gleichen Töne bringen den Eindruck des R hervor.

Aus dem grössten Theil der Originalcurve geht diese Entstehungsweise des Geräusches viel deutlicher hervor, als aus dem in unserer Zeichnung wiedergegebenen. Dort schwillt der Ton nicht nach dem Bilde einer Schwebung an und ab, sondern er setzt stets gleich mit hoher Schwingungsamplitüde (entsprechend einem Zungenschlage) ein und klingt allmählich ab. Leider wurde unterlassen, diese häufiger vorkommenden plötzlicher einsetzenden Schwebungen des tonlosen R zu zeichnen, weil es zunächst darauf ankam zu zeigen, dass der Typus sich beim tonirenden R und beim tonlosen R wesentlich in derselben Weise giebt.

Nachdem hiermit mein Material erschöpft ist, bleibt mir noch übrig, zu erwähnen, was von früheren Autoren über diesen Gegenstand gearbeitet ist. In der mir zugängigen Literatur habe ich so gut wie nichts gefunden. Grützner bringt in seinem Buche über Stimme und Sprache zwei von Donders angefertigte R-Kurven. Sie zeigen nur das Vorhandensein von Pseudoschwebungen. Alle Details fehlen. Der Apparat, nach dem Princip compressibler Ampullen construirt, arbeitete nicht fein genug.

Von Vocalcurven findet sich manche Zeichnung vor, aber einestheils zeigen sie alle viel weniger Obertöne, sind also wohl unzweifelhaft weniger gut geschrieben wie die hier vorgelegten Curven, anderntheils haben wir hier nur die Consonanten vorgelegt, so dass die Arbeiten über die Vocale gar nicht heranzuziehen waren.

Erklärung zu den Tafeln.

Die Curven sind zum Zweck der Vervielfältigung von den Originalen bei einer Vergrösserung von Leitz Okular II System VII abgezeichnet, die so gewonnenen Bilder auf $^{1}/_{3}$ verkleinert, photographirt und in dieser Grösse vervielfältigt. In der über den Curven gezeichneten Punktreihe oder Stimmgabelcurve entspricht die Entfernung zwischen zwei Punkten resp. eine Stimmgabelwelle $^{1}/_{690}$ Secunde.

Tafel II.

Curv. 1, 2, 3, 4α u. 5. Verschiedene Curven von dem gesungenen Worte „Kara". Das K sowie der grösste Theil des Anfang- und End-A sind fortgelassen.

Curv. 4β. Ende des A und Anfang des R aus einer Curve des gesprochenen Wortes „Karre".

Curv. 6 u. 7. Curve des gesprochenen Wortes „Karre". Nur das Ende des „E" ist fortgelassen.

Curv. 8. Curve des gesprochenen Wortes „Karro". K, Anfang des A und Ende des O fehlen.

Curv. 9 u. 10. Ebenso.

Curv. 11, 12 u. 13. Curve des gesprochenen Wortes „Kasse". Der grösste Theil des E am Ende fehlt.

Tafel III.

Curv. 14 u. 15. Curve des gesprochenen Wortes „Achen". Ein Theil des A und des E, sowie das ganze N sind nicht gezeichnet.

Curv. 16 u. 17. Ebenso. In dieser sowie in den beiden folgenden Curven zeigen sich langgestreckte Wellen, je 13—15 Stimmgabelschwingungen entsprechend, die einer Fehlerquelle entstammen und nicht zur Curve des Wortes gehören.

Curv. 18. Curve des gesprochenen Wortes „Ocho". Das O am Anfang und Ende ist nur zum Theil gezeichnet.

Curv. 19. Ebenso.

Curv. 20. Curve des gesprochenen Wortes „Affa". Nur das F und ein kleiner Theil des folgenden A sind abgebildet.

Curv. 21α. Anfang der Curve des gesprochenen Wortes „Bello" (Be).

Curv. 21β. L-Curve aus dem gesprochenen Worte „Bello".

Curv. 21γ. Curve eines gesungenen „A".

Curv. 21δ. N.-Curve aus dem gesprochenen Worte „Achen".

Curv. 22. Vollständige Curve des gesprochenen Wortes „Bemmo".

Curv. 23α. Curve der Silbe „Pi". Die Curve wurde bei Abspannung der schallpercipirenden Membran geschrieben. Vom J sind nur die ersten Wellen gezeichnet.

Curv. 23γ. Curve der Silbe „Pi", mit etwas stärker gespannter Membran geschrieben.

Curv. 23β. Curve der Silbe „Pi", mit der gewöhnlichen starken Spannung der Membran geschrieben.

Curv. 23δ. Curve der Silbe „Pa".

Curv. 23ε u. 23ζ. P vom Ende der Silbe „Pap", von dem vorhergehenden Vocal durch eine längere Pause getrennt.

Curv. 24α. Curve des gesprochenen Wortes „Otto". Von den beiden Vocalen ist nur der Anfang gezeichnet. Die Pause zwischen den beiden Silben ist grösstentheils fortgelassen.

Curv. 24β. Ebenso.

Curv. 24γ u. 24δ. T am Ende von Silben; von dem vorhergehenden Vocal durch eine Pause getrennt

Curv. 25α. Anfang der gesprochenen Silbe „De".

Curv. 25β, 25γ, 25δ u. 25ε. Curven der gesprochenen Silbe „Ko".

Curv. 26α u. 26β. Curven der gesungenen Silbe „Ko".

Curv. 26γ, 26δ u. 26ε. Knallcurven, durch Zerplatzen mit Luft gefüllter Papierdüten erzeugt.

Curv. 27. Curve eines ohne Stimmklang gesprochenen „Zungen-R".

Ueber den Gasgehalt menschlicher Secrete.

I. Gasgehalt des Parotidenspeichels.

Von

Dr. R. Külz.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

Ueber den Gasgehalt normaler menschlicher Secrete liegen, wenn man vom Harn absieht, in der Litteratur keine Angaben vor. Dieser Mangel ist wohl hauptsächlich der Schwierigkeit zuzuschreiben, für die Analyse hinreichendes Material ohne Beimengung von Luft zu gewinnen.

Die unten mitgetheilten Analysen beziehen sich auf den Parotidenspeichel eines gesunden, kräftigen Mannes von 31 Jahren, welcher sich für meine Zwecke besonders gut geeignet erwies. Zur Gewinnung des Speichels bediente ich mich der von Ordenstein [1]) beschriebenen Eckhard'schen Methode, in den ductus Stenonianus eine feine, gleichmässig cylindrische, gut passende Metallcanüle einzuführen. Es wurde stets nur das Secret der rechten Parotis gesammelt und analysirt. Der Canülisirende griff mit dem Daumen der linken Hand in den rechten Mundwinkel des auf einem Stuhle sitzenden Versuchsindividuums und führte unter Abhebung der Wange nach aussen eine feine Canüle von 0,6 ^{mm} äusserem Durchmesser ohne Mandrin [2]) unter leicht drehenden Bewegungen in den Ausführungsgang ein. Da der Gang sich in der Regel bald etwas erweitert, so dass die Canüle leicht herausfällt, so wurde alsbald eine zweite, etwas dickere Canüle von 0,75 ^{mm} und schliesslich eine solche von 0,9 ^{mm} Dicke und 13 ^{cm} Länge eingeführt, welche entweder bis zum

---

1) Eckhard's Beiträge z. Anat. u. Physiol. Bd. 2 S. 103.

2) Die Einführung ohne Mandrin ist bei hinreichender Uebung schonender.

Ende eines Versuchs oder bis zu einer freiwilligen Unterbrechung der Aufsammlung darin blieb. Da die sichere Lage der Canüle im Gange fortwährend zu beobachten ist, so musste der linke Arm des Canülisirenden während der langen Dauer des Versuchs gestützt werden. Eine vollkommen starre Verbindung mit dem Sammelapparate herzustellen, so wünschenswerth sie auch aus leicht ersichtlichen Gründen gewesen wäre, ging nicht wohl an, da Versuche nach dieser Richtung hin alsbald zeigten, dass die Rohrleitung bei der geringsten Bewegung des Individuums herausfiel. Ausserdem bereitet bei dieser Versuchsanordnung die Einführung der Canüle in das Sammelgefäss grosse Schwierigkeiten und verursacht dem Versuchsindividuum Schmerzen. Ich verband daher die Metallcanüle[1]) durch einen 25^{cm} langen, dicht schliessenden Gummischlauch mit einem 25^{cm} langen, entsprechend dünnen Glasrohr, dessen passend gebogenes freies Ende unter den mit Quecksilber gefüllten, zur Aufnahme des Speichels bestimmten Behälter gebracht werden konnte. Die Verwendung des Glasrohrs schien mir deshalb sehr zweckmässig, weil ein etwa im Gummischlauch zurückgebliebenes und später durch den Speichel mitgerissenes Luftbläschen stets bemerkt werden musste, insofern das Glasrohr während der ganzen Dauer eines Versuchs beständig beobachtet wurde.

Die Rohrleitung fasste nicht ganz 3^{ccm} Speichel. Die ersten Tropfen verdrängten meist sofort alle Luft; es konnte daher die Aufsammlung über Quecksilber, nachdem wenige Cubikcentimeter abgeflossen waren, alsbald beginnen.

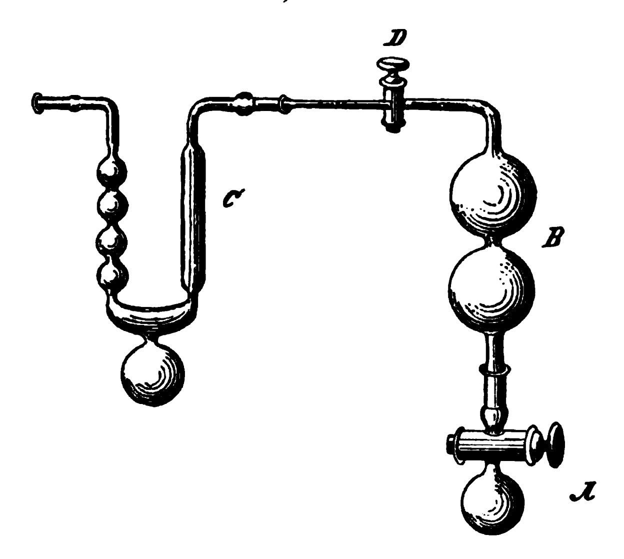
Der Speichel floss gewöhnlich tropfenweise aber in ziemlich schnellem Tempo ab, zuweilen jedoch auch ruckweise im Strahl. Die Secretion wurde durch Reizung der Zunge mittels Glasstabes oder eines kleinen Pinsels, der mit einer etwa 5proc. Essigsäure befeuchtet wurde, angeregt. Besonders wirksam erwies sich die Reizung des Zungengrundes. Auch dadurch, dass das Versuchsindividuum unter Schonung der Canüle die Zunge bewegte und Kaubewegungen machte, wurde die Absonderung des Speichels be-

---

1) Da derartige Canülen gewöhnlich nicht gebohrt, sondern gelöthet werden, so ist es durchaus nöthig, dass jede Canüle vor dem Gebrauch auf ihre Dichte speciell geprüft wird.

fördert. Das Individuum gab von selbst an, dass es jedesmal, wenn der Speichel lebhaft spritze, „ein Zusammenziehen“ empfände und localisirte dasselbe entsprechend der Lage der Drüse und der Verlaufsrichtung des ductus Stenonianus.

Als Sammelgefäss diente eine mittels gut eingeschliffenen Hahnes verschlossene Glaskugel (*A*) [1]) von genau bekanntem Inhalt, welche durch ein Ansatzstück mit dem ca. 200 ^{ccm} fassenden Schaumgefäss (*B*) der Hüfner'schen Quecksilberluftpumpe [2]) luftdicht verbunden wurde. Das Schaumgefäss stand in Verbindung mit dem Trockengefäss (*C*)



und dieses mit der eigentlichen Pumpe. Die beiden Gefässe konnten durch einen Glashahn (*D*) gegen einander abgeschlossen werden. Alle Theile waren durch gute Schliffe an einander gefügt, jede Kautschukverbindung vermieden. — Es standen mir zwei Hüfner'sche Pumpen zur Verfügung, über deren Zuverlässigkeit ich mich folgendermaassen überzeugte:

Zur Prüfung der Möglichkeit, dass das Quecksilber vielleicht kleine Mengen absorbirter Luft bei längerem Auspumpen abgeben

1) Die in Klammer gesetzten Buchstaben *A, B, C, D* beziehen sich auf die beigefügte Abbildung.

2) Die Pumpe liefert in vorzüglicher Ausführung Herr Mechaniker E. Albrecht in Tübingen.

könne, füllte ich ein Kugelgefäss von 100 ccm Inhalt mit Quecksilber und verband es mit der Pumpe. Der Hahn der Kugel blieb geschlossen, bis der Vorraum vollständig evacuirt war. Ich liess darauf das Quecksilber 24 Stunden mit dem Vacuum in Berührung und pumpte dann noch 6 Stunden. Es wurde kein Gas mehr erhalten.

Weiterhin konnte man vermuthen, dass kleine Reste von Luft in der Pumpe zurückblieben, die erst nach Oeffnung des Hahnes durch nachfolgenden Wasserdampf herausgetrieben wurden. Diese Vermuthung erwies sich jedoch als hinfällig durch folgenden Versuch:

Ich befreite 100 ccm ausgekochtes Wasser in dem erwähnten Kugelgefäss (*A*) durch Evacuiren unter wiederholtem Erhitzen auf 40 ° C. vollkommen von Gas, schloss darauf den Hahn des Wasserbehälters, liess Luft in den Vorraum einströmen und pumpte von neuem aus, bis keine Gasblasen mehr kamen. Nach abermaliger Oeffnung des Hahnes wurde das Wasser noch 6 Stunden lang ausgepumpt, ohne dass noch Gas gewonnen werden konnte.

Die Evacuation des Speichels wurde möglichst schnell nach der Aufsammlung vorgenommen. Kam kein Gas mehr, so erhitzte ich eine halbe Stunde auf 40 ° C., liess erkalten, pumpte wieder, bis kein Gas mehr erhalten wurde und controlirte durch abermaliges Erhitzen die Beendigung des Versuchs. Während des Erhitzens war das Schaumgefäss gegen das Trockengefäss abgeschlossen. Nach dem Evacuiren drehte ich den Hahn der den Speichel enthaltenden Kugel zu und schaffte durch Berührung mit dem Vacuum aus dem Schaumgefäss alles an den Wandungen haftende Wasser hinweg. Darauf nahm ich die Pumpe aus einander, brachte in das Ansatzstück des Speichelbehälters einige Krystalle von glasiger Phosphorsäure, setzte die Theile wieder zusammen und befreite den Vorraum von Luft. Bei Oeffnung des Kugelhahnes fielen die Phosphorsäurestücke in den Speichel, lösten sich auf und machten die gebundene Kohlensäure frei. Durch das Aufbrausen wurden die Wandungen des Schaumgefässes benetzt, und so war es möglich, dass kleine Mengen von Speichel, welche bei der ersten Evacuation verspritzt waren, ihre Kohlensäure gleichfalls hergaben.

In den aufgefangenen Gasen bestimmte ich den Gehalt an Sauerstoff aus der nach Zufügung von Wasserstoff und Verpuffung

erhaltenen Contraction, die Kohlensäure durch Absorption mit 7 proc. Natronlauge, den Stickstoff aus der Differenz.

Die Anordnung der einzelnen Versuche ist aus der nachstehenden Tabelle leicht zu übersehen (s. S. 326).

Der Gehalt des Speichels an Sauerstoff und Stickstoff erscheint höher als der des Blutserums. Auf die geringfügigen Schwankungen ist kein grosses Gewicht zu legen, zumal sie schon durch unvermeidliche Fehler bei der Analyse hervorgerufen werden können.

Von grösserer Bedeutung sind die für die Kohlensäure erhaltenen Werthe, insbesondere die für die gebundene Kohlensäure, da sie mit dem Salzgehalt und der Alkalescenz des Speichels in Beziehung stehen.

Der Gehalt an gebundener Kohlensäure war an den verschiedenen Versuchstagen verschieden; am ersten am grössten, an den übrigen wesentlich geringer.

Da durch Bence Jones[1]) und durch die ergänzenden Untersuchungen von Roberts[2]), Maly[3]) und Görges[4]) zweifellos festgestellt ist, dass die saure Reaction des Harns von der Absonderung des sauren Magensaftes beeinflusst wird, ja dass sogar der menschliche Harn einige Stunden nach einer grösseren Mahlzeit alkalisch werden kann, so sollte bei diesen Versuchen schon vorläufig darauf geachtet werden, ob nicht die Secretion des Magensaftes auch auf die Alkalescenz des Speichels bzw. den Gehalt an gebundener Kohlensäure einen Einfluss ausübt. Da die Versuche 2 und 3, sowie 4 und 5 ergeben hatten, dass der Speichel kurz vor und nach einer tüchtigen Mahlzeit keinen wesentlichen Unterschied in dem Gehalt an gebundener Kohlensäure aufweist, so wurde in der Weise weiter verfahren, dass 50 Minuten nach Beendigung eines kräftigen Mittagessens der Parotidenspeichel in einzelnen für die Analyse ausreichenden Portionen (Vers. 6, 7, 8 u. 9) gesammelt wurde. In den drei ersten Portionen wurden je 25 ccm, in der letzten 100 ccm aufgefangen.

1) Philosophical transactions 1849 und On animal chemistry in its application to stomach and renal diseases. London 1850 p. 41.

2) A practical treatise on urinary and renal diseases. Second edition. London 1872 p. 48.

3) Annal. d. Chemie Bd. 173 p. 227.

4) Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 11 S. 156.

Nummer des Versuchs	Datum	Menge des ausgepumpten Speichels in ccm	Dauer der Aufsammlung	Durch Evacuiren direct erhaltene Gasmenge in ccm	100 ccm Speichel, direct ausgepumpt, enthalten: Gesammtgas ccm	O ccm	N ccm	CO_2 ccm	Nachträglich durch Phosphorsäure entbundene CO_2 %	Gesammte CO_2 %	Bemerkungen
1	7./II. 1885	100,0	1 Stde. 40 Min.	6,99	6,99	1,01	2,67	3,31	62,47	65,78	Die Aufsammlung begann 15 Minuten nach dem Mittagessen und verlief glatt ohne Unterbrechung.
2	12./III. 1885	24,49	17 Min.	1,688	6,89	1,33	2,52	3,05	52,50	55,55	8 Uhr 30 Min. Einnahme des Frühstücks, 11 „ 45 „ bis 12 Uhr 2 Min. Sammlung des Speichels, 12 „ 15 „ Beginn des Mittagessens.
3		25,95	19 Min.	2,027	7,81	1,46	3,10	3,25	49,48	52,73	Beginn der Aufsammlung 15 Minuten nach dem Ende des Mittagessens.
4	15./III. 1885	25,95	17 Min.	2,174	8,38	1,38	3,34	3,66	52,99	56,65	8 Uhr 30 Min. Einnahme des Frühstücks, 12 „ 10 „ Beginn der Sammlung des Speichels, 12 „ 27 „ Ende „ „ „ „ 12 „ 35 „ Beginn des Mittagessens.
5		24,49	16 Min.	1,833	7,49	1,19	2,65	3,65	54,16	57,81	Beginn der Aufsammlung 15 Minuten nach dem Ende des Mittagessens.
6	26./III. 1885	25,95	17 Min.	1,712	6,60	1,17	2,75	2,67	42,50	45,17	Aufsammlung ohne Unterbrechung. — In Versuch 6 begann die Aufsammlung 50 Minuten nach dem Ende des Mittagessens.
7		24,49	16 Min.	2,173	8,89	1,39	3,77	3,73	41,41	45,14	do. — Zwischen Ende von Versuch 6 und Anfang von Versuch 7 lagen 12 Minuten,
8		25,95	s. die Bemerkungen	2,071	7,98	0,84	2,49	4,65	40,17	44,82	Es werden 30 ccm in 21 Min. ohne Unterbrechung aufgefangen, davon aber nur 25,95 ausgepumpt. — zwischen Versuch 7 u. 8 18 Min. „ „ 8 „ 9 17 „ Die bei Versuch 9 gemachten
9		100,0	1 Stde. 24 Min.	7,70	7,70	0,84	2,37	4,49	44,32	48,81	Aufsammlung in drei Absätzen. — Pausen beliefen sich auf 15 Minuten.
10	26./VIII. 1885	100,0	1 Stde. 38 Min.	6,76	6,76	1,25	3,20	2,31	54,31	56,62	Aufsammlung in zwei Absätzen. Die Pause dauerte 45 Minuten. — Weitere Bemerkungen s. unten.
11		100,0	1 Stde. 27 Min.	6,49	6,49	1,04	2,88	2,57	52,83	55,40	Aufsammlung in vier Absätzen. Die gemachten Pausen betrugen zusammen 22 Minuten.

Nach diesen Versuchen nimmt die auspumpbare Kohlensäure in den drei ersten Portionen (Vers. 6, 7 u. 8) zu, während die gebundene Kohlensäure abnimmt; in der vierten Portion (Vers. 9) zeigen auspumpbare wie gebundene Kohlensäure eine deutliche Zunahme. Da die Aufsammlung 50 Minuten nach dem Mittagessen begann, wo die Secretion bereits im Gange ist, und incl. Pausen 3 Stunden 20 Minuten dauerte, so könnte man auch hier eine Beeinflussung des Speichels durch die Absonderung der Säure des Magensaftes vermuthen. Inwieweit diese Vermuthung begründet ist, sollte durch einen weiteren, für die Vergleichung zweckmässiger eingerichteten Versuch festgestellt werden, bei welchem gleichzeitig auf die Acidität des Harns geachtet wurde.

Das Individuum trank an dem Versuchstage (26. Aug. 1885) früh 6 Uhr nur eine Tasse Kaffee. Von da an nahm es bis zum Beginn der Speichelaufsammlung nichts mehr zu sich. Die Aufsammlung dauerte mit Einschluss einer ¾ stündigen Pause bis 1 Uhr 37 Minuten. Die Speichelmenge betrug 100 ccm (Vers. 10). Gleich darauf wurde ein reichliches Mittagessen eingenommen; 2 Uhr Ende des Mittagessens. Von 3 Uhr 36 Minuten an, also 1½ Stunde nach der Mahlzeit, wurden wieder 100 ccm Speichel (Vers. 11) aufgefangen. Der zu verschiedenen Zeiten gelassene Harn reagirte

10 Uhr früh				stark sauer,
2	„	45 Minuten	nachmittags	stark sauer,
3	„	22 „	„	schwach sauer,
4	„		„	deutlich alkalisch,
4	„	35 „	„	stark alkalisch,
5	„	25 „	„	wieder neutral.

Während unter den angegebenen Verhältnissen der Harn 2 Stunden nach der Nahrungsaufnahme deutlich alkalische Reaction zeigte, lässt sich an den beim Parotidenspeichel erhaltenen Zahlen für den Gehalt an gebundener Kohlensäure keine Steigerung der Alkalescenz erkennen, so dass die Vermuthung, die Alkalescenz des Speichels könne von der Magenverdauung beeinflusst werden, durch diesen glatt verlaufenen Versuch keine Stütze findet. Uebrigens führte ein ähnlich eingerichteter Versuch, in dem die Alkalescenz des vor und nach

dem Mittagessen abgesonderten Speichels titrimetrisch festgestellt wurde, zu demselben Resultate.

Pflüger[1]) untersuchte den Gasgehalt des Submaxillarisspeichels vom Hunde. Zum Vergleiche mit meinen Analysen sind die von ihm erhaltenen Resultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nr.	Verwandte Speichelmenge in ccm	100 ccm Speichel enthielten			
		O ccm	N ccm	auspumpbare CO_2 ccm	durch Phosphorsäure entbundene CO_2 ccm
1	36,559	0,4	0,7	19,3	29,9
2	33,027	0,6	0,8	22,5	42,2

Wenn es mir auch nicht gelungen ist, einen Fehler in der Anordnung und Ausführung meiner Versuche ausfindig zu machen, so dürfte doch im Hinblick auf die von Pflüger für Sauerstoff und Stickstoff gefundenen Werthe die Möglichkeit nicht ganz ausgeschlossen sein, dass das ausgepumpte Gasgemisch minimale Mengen Luft beigemengt enthalten hat. Hätte die Pumpe als solche Veranlassung zu einem Fehler gegeben, so hätte man doch erwarten müssen, dass bei denjenigen Versuchen (1, 9, 10 u. 11), in denen absichtlich grössere Portionen Speichel zur Analyse verwandt wurden, die Werthe für Sauerstoff und Stickstoff weit niedriger ausfielen, da die Evacuation in diesen Versuchen auch nicht längere Zeit als bei den übrigen in Anspruch nahm. Wäre andererseits Luft während der Aufsammlung des Speichels eingedrungen, so hätte in den Versuchen mit grösseren Speichelmengen der Sauerstoff- und Stickstoffgehalt weit höher als bei denen mit geringeren gefunden werden müssen.

1) Pflüger's Archiv Bd. 1 S. 686.

Beiträge zur Kenntniss der activen β-Oxybuttersäure.

Von

E. Külz.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

Darstellung.

Das Verfahren, dessen ich mich ursprünglich bediente, um die in einem bestimmten Stadium des Diabetes mellitus mit dem Harn ausgeschiedene active β-Oxybuttersäure völlig rein darzustellen, war ein äusserst umständliches[1]. Durch weitere Beschäftigung mit dem Gegenstande ist es gelungen, dasselbe wesentlich zu vereinfachen. Die von mir neuerdings benutzte Darstellungsmethode ist folgende:

Geeignete diabetische Harne, welche die Eisenchloridreaction geben und sich nach einer Voruntersuchung womöglich stark linksdrehend erweisen, werden nach dem Vergären des Zuckers zu einem dünnen Syrup eingedampft, um nach der Neutralisation mit Natronlauge noch weiter eingeengt zu werden. Auf Zusatz vom dreifachen Volumen 95 proc. Alkohols entsteht ein reichlicher Niederschlag. Von dem alkoholischen Filtrat wird der Alkohol abdestillirt und zu dem stark eingeengten Rückstand von neuem starker Alkohol gesetzt. Erhält man nach nochmaliger Wiederholung dieser Procedur durch Zusatz von absolutem Alkohol schliesslich keine Fällung mehr, so wird der Alkohol abdestillirt und der syrupöse Rückstand zur möglichst vollständigen Entfernung des Alkohols dreimal mit dem gleichen Volumen Aether geschüttelt. Die Ausschüttelungen bedürfen keiner

---

1) E. Külz, Ueber eine neue linksdrehende Säure (Pseudooxybuttersäure). Ein Beitrag zur Kenntniss der Zuckerruhr. Zeitschr. f. Biol. Bd. 20 S. 165 und R. Külz, Zur Kenntniss der linksdrehenden Oxybuttersäure. Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 18 S. 291.

weiteren Berücksichtigung, weil sie nur Spuren von Oxybuttersäure enthalten. Dagegen wird der Rückstand mit Schwefelsäure übersättigt und unter Zusatz vom gleichen Volumen Aether so lange geschüttelt, als noch der Uebergang von Oxybuttersäure polarimetrisch constatirt werden kann. Der nach dem Abdestilliren des Aethers restirende dünne braune Syrup gibt mit Bleizucker keine Fällung mehr, wohl aber mit Bleiessig, der deshalb so lange vorsichtig zugesetzt wird, bis kein Niederschlag mehr entsteht. Aus dem Filtrat des Bleiessigniederschlages wird das überschüssige Blei durch Schwefelwasserstoff abgeschieden. Nachdem die rohe Säure zur Entfernung der beigemischten Essigsäure wiederholt und reichlich mit Wasser verdünnt und abgedampft ist, wird sie in das Bariumsalz übergeführt. Da die Lösung des Bariumsalzes mit Bromlauge noch Stickstoff entwickelt und mit salpetersaurem Quecksilberoxyd noch einen Niederschlag gibt (Harnstoff), so wird sie mit salpetersaurem Quecksilberoxyd ausgefällt, so jedoch, dass die saure Reaction häufig durch Barythydrat beseitigt wird. Das Filtrat wird durch Schwefelwasserstöff vom Quecksilber befreit. Nachdem der Schwefelwasserstoff bei gelinder Temperatur verjagt ist, wird die mit Barythydrat neutralisirte Lösung stark eingeengt und das salpetersaure Barium durch Zusatz des etwa fünffachen Volumens absoluten Alkohols weggeschafft. Man erhält nach Entfernung des Alkohols einen dicken, fast farblosen Syrup von oxybuttersaurem Barium.

Zur Darstellung des Silbersalzes wird ein Theil des Bariumsalzes mit schwefelsaurem Silber zerlegt. In Folge der Schwerlöslichkeit des schwefelsauren Silbers erhält man eine sehr verdünnte Lösung des Silbersalzes, die bei sehr gelinder Temperatur eingedampft werden muss [1]). Es scheiden sich dabei schwarze Massen ab, die abfiltrirt werden. Nach weiterer Concentration der Lösung im Vacuum schiesst das Silbersalz in wohlausgebildeten Krystallen an. Durch etwa viermaliges Umkrystallisiren kann es völlig rein erhalten werden.

---

1) Die grossen Flüssigkeitsmengen und der daraus resultirende Zeitverlust lassen sich ohne Nachtheil dadurch umgehen, dass man eine concentrirte ammoniakalische Lösung von schwefelsaurem Silber zur Umlegung anwendet und aus dem Filtrat das überschüssige Ammoniak theils bei gelinder Wärme, theils im Vacuum über Schwefelsäure wegschafft.

Um die freie Säure absolut rein darzustellen, wird die Lösung des Silbersalzes mit Schwefelwasserstoff zerlegt. Nach dem Eindampfen des Filtrates bleibt die Säure als farbloser Syrup, aus dem sich durch absoluten Alkohol meist noch einige Kryställchen abscheiden.

Das Natriumsalz erhält man durch Zerlegung des Bariumsalzes mit schwefelsaurem Natrium. Nachdem seine Lösung stark eingedampft ist, wird der im Vacuum getrocknete Rückstand in absolutem Alkohol gelöst und aus dieser Lösung das Natriumsalz mit Aether gefällt. Der Aether wird abgegossen und das Salz krystallisirt im Vacuum schliesslich in langen, feinen, strahlig gruppirten Nadeln.

Kommt es darauf an, nur das Silbersalz und die Säure rein zu gewinnen, so lässt sich das geschilderte Verfahren noch dadurch wesentlich weiter abkürzen, dass man die oben erwähnten Fällungen mit Bleiessig und mit salpetersaurem Quecksilberoxyd vernachlässigt, die Lösung des Bariumsalzes gleich mit schwefelsaurem Silber zerlegt und das Silbersalz durch häufiges Umkrystallisiren reinigt.

Spec. Drehung der β-Oxybuttersäure.

Zur Bestimmung des Drehungsvermögens der aus dem Silbersalz dargestellten, im Vacuum über Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur getrockneten β-Oxybuttersäure wurde ein Jelett-Cornu-scher Halbschattenapparat mit Keilcompensation verwandt, dessen Scala für Traubenzucker $[(\alpha)_D = 53,1]$ getheilt ist, so dass man beim Gebrauch der 200^{mm} langen Röhre direct die Procente ablesen kann. Als Lichtquelle diente eine Petroleumlampe. Die bei Zimmertemperatur beobachtete Drehung ist das Mittel von sechs Ablesungen. Das spec. Drehungsvermögen wurde berechnet nach der Formel

$$(\alpha)_D = \frac{53,1 \cdot a}{p},$$

worin a die abgelesene Drehung, p den Procentgehalt der untersuchten Lösung bedeutet.

	I	II	III	IV
Procentgehalt	0,9874	2,790	3,863	5,553
Länge der Röhre	200 mm	200 mm	200 mm	200 mm
Beobachtete Drehung	— 0,34	— 1,16	— 1,77	— 2,45
$(\alpha)_D$	— 23,66	— 22,07	— 24,33	— 23,43

Mittel aus den vier Bestimmungen: — 23,4 [1]).

Birotation zeigt die Säure nicht.

Zu den Bestimmungen I und II wurde ein und dasselbe Präparat benützt, zu den Bestimmungen III und IV dienten Präparate verschiedener Darstellung.

Spec. Drehung des Ammoniumsalzes.

Da die active β-Oxybuttersäure im Harn höchstwahrscheinlich zum grössten Theil an Ammoniak gebunden vorkommt, so war es von praktischem Interesse, die spec. Drehung gerade dieses Salzes zu kennen. Die zu untersuchende Lösung des Ammoniumsalzes wurde durch Neutralisation einer bestimmten Menge völlig getrockneter β-Oxybuttersäure mit Ammoniak hergestellt.

	I	II	III	IV
Procentgehalt	2,750	3,435	3,508	4,563
Länge der Röhre	200 mm	200 mm	200 mm	200 mm
Beobachtete Drehung (Mittel von sechs Ablesungen)	— 0,87	— 1,1	— 1,03	— 1,37
$(\alpha)_D$	— 16,80	— 17,01	— 15,59	— 15,94

Mittel aus den vier Bestimmungen: — 16,3.

Zu den Bestimmungen I und II diente ein anderes Präparat als zu den Bestimmungen III und IV.

Nachweis der Oxybuttersäure.

Da die Darstellung der Oxybuttersäure in Substanz mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft ist, so schlug ich zur vorläufigen Orientirung, ob ein Harn Oxybuttersäure enthält, in meiner ersten Arbeit [2]) folgendes Verfahren vor:

1) Minkowski (Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 18 S. 147) bestimmte die spec. Drehung der Säure in 9,8proc. Lösung zu — 20,6°.

2) a. a. O.

Von der 24stündigen Menge werden 100 ccm in einem Kölbchen mit einem erbsengrossen Stück Presshefe versetzt. Enthält der Harn Eiweiss, so wird es durch Kochen mit verdünnter Essigsäure vor dem Hefezusatz abgeschieden. Nach vollständiger Vergärung des Zuckers wird der Harn mit Bleizuckerlösung geklärt und das Filtrat im Polarisationsapparat untersucht. Wird eine Linksdrehung constatirt, so kann sie, auf Traubenzucker bezogen, unter Berücksichtigung des Volumens der zugesetzten Bleizuckerlösung zunächst zur Correctur des polarimetrisch ermittelten Zuckergehaltes dienen. Man dampft nun eine grössere Menge des Harns nach dem Vergären des Zuckers ein. Ist die linksdrehende Substanz weder durch Bleizucker, noch durch Bleiessig, noch durch Bleiessig und Ammoniak fällbar, so handelt es sich höchstwahrscheinlich um Oxybuttersäure, zumal wenn der frische Harn auch noch die Eisenchloridreaction gibt. Um den Nachweis nicht zu compliciren, sind Medicamente (s. unten) auszuschliessen.

Völlige Gewissheit kann dieses Verfahren natürlich nicht geben; immerhin verdient es, zumal wenn nur ganz geringe Harnmengen zur Disposition stehen, um so mehr berücksichtigt zu werden, als man es ohnedies einzuschlagen hat, um zu erfahren, ob nicht der optisch ermittelte Zuckergehalt einer Correctur bedarf.

Nach Minkowski[1]), dem die optische Wirksamkeit der β-Oxybuttersäure damals noch nicht bekannt war, „dürfte sich folgendes Verfahren vor der Hand am meisten empfehlen“:

„Der Harn wird eingedampft, mit Alkohol extrahirt; das Alkoholextract nach dem Abdampfen des Alkohols in Wasser gelöst, mit Schwefelsäure angesäuert und mit Aether wiederholt ausgeschüttelt; der ätherische Auszug nach dem Verdunsten des Aethers in Wasser aufgenommen, von den nach einiger Zeit sich abscheidenden Schmieren abfiltrirt. Das Filtrat mit Thierkohle möglichst entfärbt, mit Natronlauge genau neutralisirt und darauf auf dem Wasserbade zum dicken Syrup eingedampft. Versetzt man nun diesen Syrup mit einigen Tropfen einer möglichst concentrirten Lösung von Silbernitrat, so erstarrt derselbe bei Anwesenheit von Oxybuttersäure zu einem Brei

1) Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 18 S. 41 Anmerkung.

von haarfeinen, dicht verfilzten Krystallen, die bei genügender Menge leicht aus lauwarmem Wasser umkrystallisirt und event. durch ihren Metallgehalt genauer charakterisirt werden können."

Ueber die Schärfe und Tragweite des Verfahrens, sowie über die zu verwendende Harnmenge hat sich Minkowski zunächst noch nicht geäussert. Sieht man von der unmassgeblichen Umständlichkeit der Methode ganz ab, so dürfte es doch fraglich sein, ob man auf ein negatives Resultat hin das Vorkommen der β-Oxybuttersäure in einem Harn wird leugnen dürfen.

Bei der prognostischen Bedeutung, welche das Auftreten der activen β-Oxybuttersäure im Harn bei Diabetes hat, lag mir daran, den Nachweis der Säure relativ kurz, einfach und sicher zu gestalten. Auf Grund zahlreicher Versuche glaube ich folgendes, auf der Ueberführung der β-Oxybuttersäure in α-Crotonsäure beruhendes Verfahren empfehlen zu können:

Man unterzieht zunächst den frischen Harn einer Vorprüfung mit Eisenchlorid [1]), für deren richtige Ausführung v. Jaksch [2]) die nöthigen Vorschriften bereits gegeben hat, und lässt ihn, falls er zuckerhaltig ist, vergären.

Nachdem man in einer mit Bleizucker geklärten Probe auf Linksdrehung [3]) untersucht hat, dampft man das Filtrat des ausgegorenen Harns zu einem Syrup ein, mischt diesen mit dem gleichen Volumen concentrirter Schwefelsäure und unterwirft das Gemisch

1) Bis jetzt habe ich die active β-Oxybuttersäure nur in solchen diabetischen Harnen nachweisen können, welche Acetessigsäure enthielten und somit die Eisenchloridreaction gaben. Freilich ist der positive Ausfall der Eisenchloridreaction nicht ohne weiteres auf Acetessigsäure zu beziehen. Es sei daran erinnert, dass, wie Jaksch bereits hervorgehoben hat, eine ganz ähnliche Rothfärbung auftritt, wenn der Harn Rhodankalium, ameisensaure und essigsaure Salze, Phenol, Salicylsäure, Zersetzungsproducte des Antipyrins und Thallins, der Chinanisolsalze und kaïrinschwefelsaures Kalium enthält.

2) Prager Zeitschr. f. Heilkunde 3.

3) Auf die Thatsache, dass diabetische Harne nach dem Vergären des Zuckers deutliche und sogar etwas stärkere Linksdrehung zeigen können, ohne dass sie Oxybuttersäure enthalten, habe ich in meiner ersten Arbeit bereits hingewiesen. Neuerdings habe ich diese Angabe mehrfach bestätigt gefunden, namentlich im Harn von Individuen, bei denen der Diabetes durch geeignete diätetische Behandlung latent geworden war.

vorsichtig der Destillation, so dass man das Destillat direct im Probirröhrchen, ohne einen Kühler einzuschalten, auffängt. Je nach dem Gehalt des Harns an Oxybuttersäure scheiden sich schon beim Abkühlen der vorgelegten Probirröhrchen in einer Kältemischung Krystalle der α-Crotonsäure aus, die man nach dem Abpressen auf ihren Schmelzpunkt (72 ° C.) zu untersuchen hat. Ist dies nicht der Fall, so vereinigt man sämmtliche Fractionen, schüttelt sie mit Aether aus und untersucht nun die etwa restirenden Krystalle nach dem Abpressen auf ihren Schmelzpunkt.

In das Destillat können u. A. übergehen: Benzoesäure, herrührend von der Spaltung der Hippursäure durch Schwefelsäure, Salicylsäure, Carbolsäure. Während sich die Salicylsäure durch Eisenchlorid im Destillat leicht erkennen lässt, kann man das Phenol mit Bromwasser schnell und sicher nachweisen. Wenn man es übrigens in der Hand hat, so thut man, wie bereits oben erwähnt, gut, jede die Untersuchung des Harns complicirende Medication auszuschliessen.

Uebergegangene Benzoesäure lässt sich an ihrer Krystallform sowie ihrem Schmelzpunkt (120 ° C.) erkennen und von α-Crotonsäure am einfachsten durch Wasser trennen. Wie aus den unten mitgetheilten Belegen zu ersehen ist, genügen mitunter schon wenige Cubikcentimeter zum sicheren Nachweis der Oxybuttersäure als α-Crotonsäure. Bei diabetischen Harnen, welche die Eisenchloridreaction deutlich gaben, genügten mir, selbst wenn der Harn nur eine schwache Linksdrehung erkennen liess, bis jetzt ausnahmslos zum Nachweis 100 ccm. Selbstverständlich wird man, wenn der Befund bei dieser Menge negativ ausfällt, grössere Harnmengen verarbeiten müssen. In solchen Fällen dampft man 1—2 l Harn, ohne den Zucker vorher vergären zu lassen, mit der Vorsicht ein, dass man ab und zu die saure Reaction durch Zusatz von kohlensaurem Natrium beseitigt. Der Syrup wird mit Schwefelsäure und Aether unter Zusatz von 1/10 Volumen Alkohol ausgeschüttelt und der Rückstand der ätherisch-alkoholischen Lösung mit concentrirter Schwefelsäure in der bereits geschilderten Weise der Destillation unterworfen.

Ich behalte mir vor, gelegentlich durch weitere Versuche feststellen zu lassen, inwieweit sich die hier geschilderte Methode auch

zur quantitativen Bestimmung der Oxybuttersäure ausbilden lässt.

Die Methode wird sich übrigens mit der nöthigen Modification auch benutzen lassen, um die Oxybuttersäure im Blut nachzuweisen.

Vorkommen der Oxybuttersäure.

v. Jaksch[1]) hat gefunden, dass bei acuten Exanthemen der Harn die Eisenchloridreaction geben kann. Ich habe im Harn von Kindern, die an Scharlach oder Scharlach und Diphtheritis erkrankt waren, diese Angabe mehrmals bestätigen können. Gleichzeitig konnte ich mehrfach (in 17 Fällen 9 mal) constatiren, dass die Harne, welche mit Eisenchlorid eine positive Reaction gaben, links drehten und dass die linksdrehende Substanz weder durch Bleizucker noch durch Bleiessig noch durch Bleiessig und Ammoniak fällbar war. Da die disponiblen Harnmengen zur Darstellung der Oxybuttersäure oder ihres Silbersalzes unzureichend waren, so konnte jene Säure in den betreffenden Harnen nur vermuthet werden. Nachträglich gelang es mir, mit Hilfe der oben geschilderten Methode in zwei Fällen von Scharlach und in einem Falle von Masern die Oxybuttersäure im Harn sicher nachzuweisen.

F. M., ein dreijähriger Knabe, erkrankte am 24. December 1885 an Scharlach. Ordination: Natr. salicylic. Am 25. December wurden von dem frisch entleerten Harn, der auf Eisenchlorid sehr deutlich reagirte und —0,4% (auf Traubenzucker bezogen) drehte, 30 ccm nach Neutralisation mit Natronlauge auf etwa 5 ccm eingedampft. Nach Zusatz von 5 ccm concentrirter Schwefelsäure wird destillirt. Es werden in Probirröhrchen fünf Destillate aufgefangen, die in Kältemischung alsdald krystallinisch erstarren. In den vier ersten Destillaten konnte mit Eisenchlorid Salicylsäure nachgewiesen werden, nicht aber im Destillat V. Die Krystalle von Destillat V schmolzen nach dem Abpressen bei 70° C. (α-Crotonsäure).

Die sechsjährige A. B. war am 31. Januar 1886 an Scharlach und Diphtheritis erkrankt. Der Harn war frei von Eiweiss, drehte —0,45% und färbte sich mit Eisenchlorid rothbraun. 80 ccm wurden mit Natronlauge neutralisirt, auf ein kleines Volumen eingeengt und mit 10 ccm concentrirter Schwefelsäure der Destillation unterworfen. Aus den fünf Fractionen schieden sich auch nach dem Abkühlen keine Krystalle aus. Sämmtliche Destillate wurden vereinigt und mit

---

1) Prager Zeitschr. f. Heilkunde 3 und Ueber Acetonurie und Diaceturie, Berlin 1885, A. Hirschwald. Vergl. auch O. Seifert, Verhandl. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg N. F. 17 Nr. 4.

Aether ausgeschüttelt. Nach dem Verjagen des Aethers restirten Krystalle, die sofort scharf bei 71° C. schmolzen. — Benzoesäure konnte in dem Destillat nicht constatirt werden.

Am 6. Januar 1886 erhielt ich 28 ccm Harn, der von einem masernkranken Kinde gelassen wurde, als das Exanthem in voller Blüthe stand. Medicamente waren nicht verordnet. Der Harn war frei von Eiweiss, gab mit Eisenchlorid deutliche Reaction und drehte — 0,3%. 18 ccm des Harns werden mit Natronlauge neutralisirt und eingedampft. Der etwa 5 ccm betragende Rückstand wird mit 10 ccm concentrirter Schwefelsäure so lange destillirt, bis Dämpfe von Schwefelsäure sich entwickeln. Die drei gesammelten Fractionen, von denen keine auch nach der Abkühlung Krystalle abscheidet, werden vereinigt und mit Aether ausgeschüttelt. Der Aether hinterlässt Krystalle, die nach dem Abpressen bei 70° schmolzen. Der Schmelzpunkt wurde übrigens zweimal mit Krystallen bestimmt, die sich an verschiedenen Stellen des Glases ausgeschieden hatten.

M. K., sechsjähriges Mädchen, erkrankte am 23. Februar 1886 an Grippe mit starker Schwellung der Tonsillen. Die Temperatur betrug am Abend 40,6° C., 24. Februar früh 39,6° C. Der am 23. Februar abends gelassene Harn enthielt eine Spur Eiweiss, gab mit Eisenchlorid eine deutliche Reaction und drehte — 0,12% (auf Traubenzucker bezogen). Der Rückstand von 75 ccm eingedampften Harnes wurde mit concentrirter Schwefelsäure destillirt. Das mit Aether ausgeschüttelte Destillat lieferte Krystalle, die bei 73° C. schmolzen.

Erwähnt sei kurz, dass ich in sechs Versuchen aus dem Harn von Kaninchen, deren Körpertemperatur unter den nöthigen Cautelen [1]) allmählich gesteigert wurde [2]), nur in einem Falle Krystalle isoliren konnte, die bei 70° schmolzen.

Trotz dieses fast gänzlich negativen Befundes möchte ich doch diese Versuche nur als vorläufige betrachtet wissen [3]).

Von Interesse ist noch eine Beobachtung Minkowski's [4]), dem es gelang, auf Naunyn's Klinik aus der 24stündigen Harnmenge einer nicht diabetischen Patientin 3 g Oxybuttersäure darzustellen. Es handelte sich um eine skorbutähnliche Erkrankung, die als Complication zu einer ziemlich vorgeschrittenen amyotrophischen Lateralsklerose hinzugetreten war. Der Harn zeigte einen

---

1) Vergl. Naunyn, Kritisches und Experimentelles zur Lehre vom Fieber und von der Kaltwasserbehandlung. Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 18 S. 52.

2) Die Thiere sassen in einem geeigneten Wärmekasten, dessen Temperatur schliesslich auf 38—39° C. gehalten wurde.

3) Vergl. hierzu Minkowski, Ueber den Kohlensäuregehalt des arteriellen Blutes beim Fieber. Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 19 S. 225.

4) a. a. O. S. 224.

sehr reichlichen Gehalt an Aceton und gab sehr intensive Eisenchloridreaction. Die skorbutischen Symptome besserten sich sehr bald während des Aufenthaltes der Patientin in der Klinik; dabei nahm sowohl das Aceton wie die Oxybuttersäure im Harn ab, sie verschwanden indes nicht mehr aus demselben bis zu dem nach mehreren Wochen erfolgten Tode der Patientin.

Endlich konnte ich neuerdings in dem Harn von zwei abstinirenden Geisteskranken Oxybuttersäure nachweisen [1]).

Bekanntlich nehmen die Exspirationsluft und der Harn von Nahrungsverweigerern schon nach wenigen Tagen einen obstartigen Geruch an, gleichzeitig gibt der Harn die Eisenchloridreaction wie die Legal'sche und Penzoldt'sche Probe [2]). Es läge daher nahe zu vermuthen, dass der Harn dieser Patienten auch Oxybuttersäure enthält.

Karl G . . . . e, 34 Jahre alt, gehört der Anstalt seit dem 13. August 1884 an. Diagnose: Paranoia. Am 3., 4. und 5. August 1886 vollständige Abstinenz. Schon am 5. August gibt der eiweiss- und zuckerfreie Harn sowohl die Eisenchloridreaction als die Legal'sche Probe, riecht obstähnlich und dreht — 0,36 %. Der Rest des Harns (325 ccm) wird eingedampft und mit concentrirter Schwefelsäure destillirt. In dem Destillat wurde α-Crotonsäure nachgewiesen.

Am 6. August wird ein Harn entleert, der — 0,6 % dreht, im Uebrigen ganz dasselbe Verhalten zeigt. Der Rückstand von 135 ccm Harn mit Schwefelsäure destillirt, liefert Crotonsäurekrystalle in reichlicher Menge.

Frau Runkel, 32 Jahre alt, ist seit einem Monat in der Anstalt. Diagnose: Paranoia. Bis zum 6. Juli 1886 ass Patientin leidlich, am 7. und 8. Juli nahm sie gar nichts zu sich. Vom 9. bis 12. Juli war die Abstinenz unvollkommen. Der mir zur Verfügung stehende Harn wurde am 12. Juli morgens entleert. Er reagirt sauer, ist frei von Eiweiss, dreht — 0,24 % und gibt sowohl die Eisenchloridreaction wie die Legal'sche Probe. Aus 150 ccm Harn werden nach demselben Verfahren schliesslich Krystalle gewonnen, die bei 71° C. schmelzen. Es kann demnach auch bei unvollkommener Abstinenz Oxybuttersäure im Harn auftreten [3]).

---

1) Das Material verdanke ich der Güte des Herrn Collegen Cramer.

2) Vergl. hierzu F. Siemens, Zur Behandlung der Nahrungsverweigerung bei Irren. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten Bd. 14 S. 593 und F. Tuczek, Mittheilung von Stoffwechseluntersuchungen bei abstinirenden Geisteskranken. Dasselbe Archiv Bd. 15 S. 788.

3) Merkwürdigerweise reagirt der Harn von Hunden und Kaninchen selbst nach sechstägiger absoluter Carenz weder auf Eisenchlorid noch auf Nitroprussidnatrium und ist frei von Oxybuttersäure. Die starke Linksdrehung, welche man

Schon diese wenigen Befunde zeigen zur Genüge, dass das Vorkommen der activen β-Oxybuttersäure im Harn keineswegs auf die Zuckerruhr beschränkt ist und dass die Säure somit ein allgemeineres Interesse beanspruchen dürfte.

---

im Harn auf Carenz gesetzter Hunde constatiren kann, scheint durch einen noch unbekannten Körper bedingt zu sein, keinesfalls durch Oxybuttersäure.

Dr. A. Cramer wird sowohl diese Differenz, wie die Ammoniak-, Oxybuttersäure- und Hippursäureausscheidung bei abstinirenden Geisteskranken näher verfolgen.

Ueber den Fettgehalt des Körpers und verschiedener Theile desselben bei mageren und fetten Thieren.

Von

Dr. **Ludwig Pfeiffer.**

(Aus dem physiologischen Institut zu München.)

Im normalen thierischen Organismus findet sich constant eine gewisse, nicht unbedeutende Menge von Fett vor, das nach unseren heutigen Kenntnissen vom Bau und den Lebensvorgängen im Thierleib als ein unerlässlicher und höchst wichtiger Bestandtheil desselben angesehen werden muss. Dieses Fett findet sich in allen Organen des Körpers, wenn auch in seiner Menge innerhalb weiter Grenzen schwankend vor, scheint aber an einzelnen Bezirken einer ganz besonderen Anhäufung fähig zu sein.

Es dient eben offenbar verschiedenen physiologischen Zwecken. Einmal gewissen mechanischen und physikalischen Zwecken, wie das unter der Haut und zwischen den Muskeln abgelagerte, wo es theils zur Polsterung der unterliegenden Weichtheile und zum Schutze gegen äussere Einwirkungen, theils zur Regulirung der Wärmeabgabe, theils zur Ermöglichung geringer Ortsveränderung beweglicher Organe dient: diese Fettmengen werden daher, mag auch der Ernährungszustand noch so sehr sich ändern, nie vollständig vermisst werden, wenn auch begreiflicherweise ihre Quantität bedeutend sinken kann.

Weitaus der grösste Theil des Fettes jedoch hat, wie man aus den neueren Untersuchungen immer mehr und mehr erkannt hat, nur Bedeutung für die im Thierkörper vor sich gehenden Zersetzungen, den Stoffwechsel; dieser Theil unterliegt daher je nach dem Ernährungszustand den grössten Schwankungen und führt, wenn seine Menge bis unter eine gewisse Grenze abnimmt, den Untergang des Körpers, seinen Tod herbei.

Jene früher nicht genügend erkannte Bedeutung besteht darin, dass das im Körper vorhandene oder in der Nahrung zugeführte Fett im Stande ist, das Eiweiss und die eiweissartigen Stoffe, welche im Körper abgelagert sind und an deren Vorhandensein das Leben hauptsächlich geknüpft ist, die aber einem beständigen Zerfall unterliegen, vor dem allzu raschen Zerfall zu schützen, sowie auch den Verlust des Körpers an Fett hintanzuhalten.

Der Körper bedarf deshalb einer fortwährenden Zufuhr von Fett oder fettersparenden Substanzen von aussen. Da diese Zufuhr nicht zu jeder Zeit die gleiche sein kann, ist es unumgänglich nothwendig, dass im Körper ein gewisser Vorrath von Fett existirt, der ihn unabhängig macht von der jeweiligen Zufuhr und so lange dafür eintritt, bis von aussen die für die Ernährung genügende Menge wieder herbeigeschafft wird.

Die Bedeutung dieses Fettvorrathes geht vor allem daraus hervor, dass der fettreichere Organismus den Hunger ungleich länger aushält als der fettarme, und dass nach Verbrauch des Fettvorrathes beim Hunger die Eiweisszersetzung gewaltig ansteigt.

Es ist begreiflich, dass dieser Vorrath unter verschiedenen Bedingungen ausserordentlich verschieden sich gestaltet. Es wird derselbe beeinflusst werden durch alle diejenigen Momente, welche von Einfluss sind auf die Zerstörung des Fettes, vor allem durch die Grösse der Muskelarbeit, dann durch die Temperatur der umgebenden Luft, endlich durch die Menge der fettersparenden Substanzen in der Nahrung und durch die Grösse der Eiweisszersetzung. Diese Momente können je nach gewissen Art-, Racen- und Geschlechtseigenthümlichkeiten verschieden sein. Da die Zersetzungsvorgänge nicht überall die gleichen, vielmehr bei jedem Individuum verschieden sind, so ist der Bedarf an Fett im Körper verschieden und es hat z. B. ein reichlich zersetzender Körper einen grösseren Fettvorrath nöthig als ein solcher, in dem der Stoffumsatz weniger lebhaft vor sich geht.

Der reichlich Zersetzende wird jedoch wiederum unter sonst gleichen Umständen weniger Vorrath sammeln können als der andere, weil eben in ihm fortwährend mehr Fett oder fettgebende Stoffe verbraucht werden.

Für den angestrengt Arbeitenden oder unter Umständen in kalten Klimaten, wo die Zersetzung des Fettes eine grössere ist, ist daher ein grösserer Fettreichthum des Körpers von Bedeutung. In den nämlichen Gegenden wechselt oft unter dem Einfluss des Klimas der Futterreichthum, so dass im Sommer das Thier einen reichlichen Vorrath von Fett zu sammeln vermag, von dem es dann in mageren Zeiten, im Winter, zehrt. Im Winterschlafe, wo das Thier vollkommen von seinem eigenen Eiweiss und Fett lebt, nimmt die im Beginne des Schlafes ausserordentliche Fettmenge nach Maassgabe der Dauer desselben erheblich ab. Für die Unterschiede, welche durch die Art-, Racen- und Geschlechtsverschiedenheiten im Fettgehalte der Thiere gegeben sind, fehlt uns vorderhand eine sichere Erklärung.

An einem und demselben Individuum kommen während der gesammten Lebenszeit, veranlasst durch verschiedene Zufuhr fettbildenden Materials oder durch ungleiche Zerstörung desselben besonders in Folge der Arbeitsleistung, grosse Schwankungen vor. Der im Jugendzustand ziemlich bedeutende Fettreichthum erfährt mit der Entwicklung und Entfaltung der Lebensthätigkeit gewöhnlich eine Minderung; mit dem Nachlass der letzteren nimmt auch der Fettgehalt in der Regel wieder zu und zuletzt mit dem durch das Alter bedingten allgemeinen physiologischen Schwund der Gewebe schwindet auch der grösste Theil des entbehrlich gewordenen Fettes.

Man hat die Fettmenge, die im Durchschnitt im normalen Organismus enthalten ist, früher viel zu niedrig geschätzt. Burdach gibt für dieselbe 5 % des Körpergewichtes an, Moleschott gar nur 3 %. Spätere Forscher haben nach ihren Berechnungen erheblich grössere Werthe erhalten. Beim Menschen macht das Gewicht des Fettes aus den sichtbaren Fettgeweben bereits 9—23 % des Gesammtkörpergewichts aus [1]).

Voit berechnete für einen von E. Bischoff untersuchten stämmigen 33jährigen Arbeiter von 68,65 kg Gewicht das Fett:

---

1) Voit, Lehrbuch des Gesammtstoffwechsels und der Ernährung S. 403 bis 405.

Skelet	2617,2	
Muskeln	636,8	
Gehirn und Rückenmark	226,9	
übrige Organe	73,2	
Fettgewebe	8809,4	(29,92 % Wasser)
	12363,5	= 18 % des ganzen

frischen Körpers oder 44 % seiner Trockensubstanz.

Ebenso wurde berechnet für

22jähriges Mädchen	23 %	(Bischoff)
30jährigen Mann	9 %	(G. v. Liebig)
45 " "	12 %	(G. v. Liebig)
36 " "	15 %	(Dursy)
42 " "	10 %	(Dursy)
neugebornes Mädchen	9 %	(Bischoff),

sämmtlich ziemlich wohlgenährte Individuen.

Lawes und Gilbert haben für Mastthiere noch viel höhere Werthe gefunden.

Es ist, wie ich bereits eingangs kurz erwähnt habe, von vornherein zu erwarten, dass das Fett im Körper nicht gleichmässig auf sämmtliche Gewebe vertheilt sein kann, vielmehr liegt die Vermuthung nahe, dass im Körper gewisse Vorrathskammern bestehen, in die das erübrigte, dem sofortigen Gebrauche nicht anheimfallende Fett abgelagert wird.

Die meisten Organe dienen ja ganz bestimmten physiologischen Zwecken, deren Erfüllung durch den weiteren als Vorrathskammer nur beeinträchtigt werden könnte. In der That sehen wir, dass wenn eine solche anormale Fettaufspeicherung wirklich zu Stande kommt, der Bau und die Leistungsfähigkeit dieser Organe bis zur Unmöglichkeit verändert wird, wie z. B. beim Fettherzen, der Fettleber u. s. w.

Schon die einfache Betrachtung der Thierleichen, wie sie in unsere Küche kommen, bestätigt die Erwartung, die man betreffs der Fettablagerung in bestimmte Gewebe gehegt hat.

Vorzüglich drei Körperregionen erscheinen besonders fettreich: das Bindegewebe unter der Haut, dann das die Muskelbäuche umhüllende und mit den Gefässen und Nerven zwischen sie sich drängende

Bindegewebe, das ich kurzweg das intermuskuläre Bindegewebe nennen will, und das theils zwischen den peritonealen Blättern des Mesenteriums und retroperitoneal gelegene lockere Bindegewebe, das Fettgewebe der Bauchhöhle.

In geringerem Grade ist dann noch Fett in der Muskulatur selbst, in den Knochen und unter dem Epicardium des Herzens abgelagert, wogegen die übrigen Körpertheile, die Eingeweide und die eigentliche Haut, sich geradezu fettarm präsentiren.

Man war somit vollkommen berechtigt, in den obigen Regionen die Vorrathskammern, die Fettdepots des Körpers zu erblicken.

Später hat Forster[1]) durch das Experiment bewiesen, dass im Unterhautzellgewebe wenigstens bei Tauben ein solches Depot vorhanden ist. Forster wurde bei seiner damaligen Untersuchung gleichzeitig von einem andern Gedanken geleitet.

Wenn nämlich ein Thier fett wird, kann es dies auf zweierlei Weise: entweder durch reichliche Zufuhr von Fett, so dass ein Ueberschuss im Körper vorhanden ist, oder durch Ersparung von dem innerhalb des Körpers aus Eiweiss sich abspaltenden Fett durch Ernährung mit Stoffen, die sowohl Fett als Eiweiss schützen, und auch selbst zu Fett werden können, also mit Kohlehydraten. Das auf erstere Art erworbene Fett wird aller Wahrscheinlichkeit nach sofort in den Depots untergebracht; jedoch blieb zu eruiren, ob das in den Zellen aller Organe gebildete Fett an Ort und Stelle sich aufspeichert oder als deren Function störend ebenfalls in den Vorrathskammern zur Ablage kommt.

Dieser Gedanke erfuhr in dem erwähnten Versuche von Forster eine vollkommene Bestätigung: alles Fett, gleichgültig auf welche Weise erworben, wurde bei den Tauben fast nur im Unterhautbindegewebe abgesetzt, so dass nicht der geringste Zweifel bestehen kann, dass dieses Gewebe für den Körper ein Fettreservoir darstellt.

Sicher bestehen jedoch auch in den andern beiden Theilen, dem intermuskulärem Bindegewebe und der Bauchhöhle, wenn auch kleinere Reservoire.

---

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 12 S. 448 ff., Ueber den Ort des Fettansatzes im Thierkörper.

Unter günstigen Bedingungen können die Fettreservoire ganz enorm angefüllt werden, so dass das Unterhautbindegewebe eine viele Centimeter dicke Fettschichte darstellt, das intermuskuläre Bindegewebe in breiten gelblich-weissen Schichten zwischen den Muskeln liegt, die selbst nur zarten rothen Bündeln gleichen, und das Gekröse wie besäet ist mit kleinen lappigen Fetthaufen, die Nierenkapsel zu einem grossen Fettklumpen wird.

Man kann diese Fettansammlung künstlich erzeugen durch überreichliche Fütterung mit Fett und Fettgeneratoren, durch systematische Mästung. Wenn solche Mast lange Zeit fortdauert, z. B. bei zur Erhaltung von Fettlebern gemästeten Gänsen, so treten auch in den übrigen Organen Fettansammlungen auf, die zwischen und um die Organzellen sich ausbreitend diese in ihrer Energie lähmen und schliesslich zum Schwunde bringen.

In solchen Fällen gewinnt die Fettanhäufung im gesammten Organismus bereits einen abnormen, pathologischen Charakter. Ebenfalls pathologisch ist jene Art von Verfettung des Körpers, wobei hauptsächlich Fett in den Organzellen selbst auftritt. Dieses Fett resultirt wahrscheinlich aus einem rapiden Zerfall des Organeiweisses, meist unter dem Einfluss von Giftstoffen, die dem Körper einverleibt wurden, und man beobachtet dabei keine oder nur geringe Aufspeicherung in den Fettkammern, häufig sogar einen raschen Schwund des Fettgewebes [1]).

Beide Erscheinungsweisen von grösseren Fettmengen im Körper finden sich ziemlich häufig auch beim Menschen. Die letztere Form, die fettige Degeneration, führt wegen der Vernichtung der Organe zu einem gewöhnlich raschen Ende, während die erstere selten jenen perniciösen Ausgang zur Folge hat, immerhin aber bedeutende Störungen im Organismus setzen kann, indem sie die Functionen seiner Theile nicht unwesentlich beeinträchtigt.

Gegen die Fettleibigkeit, wie man diese Art von Fettanhäufung nennt, hat man schon seit langer Zeit seitens der Aerzte angekämpft. Man ist frühe schon zur Erkenntniss gekommen, dass sie ihre Ursache

1) Vergl. R. v. Hösslin, Ueber den Wasser- und Fettgehalt der Organe bei verschiedenen pathologischen Zuständen. München. Inaugural-Dissertation S. 2.



in einer allzureichlichen Zufuhr oder einer zu geringen Zerstörung von Fett und Fettbildnern hat und hat deshalb der Ernährung solcher Menschen grössere Aufmerksamkeit geschenkt. Die früheren Entfettungskuren waren bei den ungenügenden Vorstellungen über den Stoffwechsel zum Theil recht unzweckmässig, zum Theil bei längerer Fortsetzung der Kur geradezu von schädlicher Wirkung.

Mit der besseren Einsicht in das Wesen des Stoffumsatzes im Thierkörper hat man erkannt, dass bei den Entfettungskuren Fett oder Kohlehydrate noch zugeführt werden dürfen, jedoch nur soviel, dass der Körper noch Fett verliert. Die Kohlehydrate sind in dieser Beziehung weniger gefährlich als das Fett.

Seit den Arbeiten über die Ernährung des Menschen und der Thiere durch Bischoff, Pettenkofer und Voit sind zahlreiche Untersuchungen über die Bestandtheile des Körpers angestellt worden und nicht zum Wenigsten über das Fett, über seine Ablagerung, über die verschiedenen Fette, die in den verschiedenen Thieren und ihren Organen vorkommen und wiederum über die verschiedene Zusammensetzung dieser Fette.

Immerhin fehlen noch nähere Angaben über die im Thierkörper unter verschiedenen Umständen abgelagerten Fettmengen. An der Hand solcher Zahlen könnte man vielleicht auch Ueberblicke gewinnen über die Verschiedenheiten der einzelnen Individuen wie Arten sowohl im Gesammtfettgehalt als in dem der einzelnen Organe.

In diesem Sinne ward mir von Herrn Prof. Voit die Aufgabe, quantitative Untersuchungen über den Fettgehalt verschiedener Thiere zu machen und ich erlaube mir im Folgenden die Resultate mitzutheilen.

Ich glaubte bei dieser Arbeit mehrere Punkte berücksichtigen zu müssen und habe sie daher so gegliedert, dass zunächst die Art und Grösse der Fettablagerung überhaupt, dann das Verhältniss zwischen fettem und magerem Thier, endlich auch der Fettverlust beim Hunger in Betracht gezogen wird.

Von grossem Interesse ist es weiter zu wissen, wie sich das Blut, das ja als Träger des gesammten Ernährungsmaterials dient, bezüglich seines Fettgehaltes verhält; ob es wesentlichen Schwankungen

überhaupt oder bloss zu gewissen Zeiten, vorzüglich denen der Resorption des von aussen zugeführten Fettes, unterworfen ist.

Ferner glaubte ich auch dem Verhältniss zwischen Wasser- und Fettgehalt der Organe Beachtung schenken zu sollen; es war ja zu erwarten, dass sich hier Unterschiede ergeben werden, während die Constanz der übrigen festen Bestandtheile als Bedingung für ein physiologisches Verhalten anzunehmen ist.

Ich beschloss daher, mehrere Thiere verschiedener Gattung — dabei konnte man feststellen, ob den einzelnen Gattungen gewisse Eigenthümlichkeiten zukommen — genau auf den Fettgehalt ihrer Organe zu untersuchen.

Es wäre möglicherweise besser gewesen, die Versuche an Menschen zu machen, allein bei der grossen Schwierigkeit, die Leichen von Menschen, die plötzlich auf gewaltsame Weise gestorben, bei denen also noch keine krankhaften Veränderungen in den Organen vor sich gegangen sind, zu erhalten, und in Anbetracht der Unbequemlichkeiten, die aus der Verarbeitung so grosser Massen erwachsen, musste ich mich auf Thierversuche beschränken. Die gleichen Gründe bestimmten mich auch in der Wahl der kleineren Thiere, die ausserdem noch den Vortheil boten, dass der Fettgehalt durch Aenderung der Ernährung in Kurzem in gewünschter Weise herzustellen war.

Methode der Untersuchung.

Die Thiere wurden zunächst nach dem äusserlichen Ansehen auf ihren Fettgehalt geschätzt. So kam ich in den Besitz von zwei fetten Hunden und Hühnern und je einem magern Thier dieser Gattung. Die beiden Kaninchen, die ich gleichfalls untersuchen wollte, boten äusserlich weder nach der einen Seite noch nach der andern ein wünschenswerthes Extrem. Ich setzte sie deshalb einer mehrmonatlichen Mast aus, bei der beide ziemlich gleichmässig zunahmen, schlachtete dann das grössere und liess das kleinere von da ab noch 13 Tage hungern, worauf es ebenfalls geschlachtet wurde.

Sämmtliche Thiere wurden durch Verbluten aus der Carotis getödtet, um die grösste Menge des Blutes zu erhalten; nur bei der mageren Henne musste, da während des Aufsuchens der Carotis der Tod eintrat, hiervon abgesehen werden. Doch erhielt ich auch hier

durch das Durchschneiden sämmtlicher Halsgefässe noch eine erhebliche Menge Blutes.

Hierauf wurde die Haut möglichst frei vom Unterhautbindegewebe abpräparirt, was bei den fetten Hunden nur unvollkommen gelang. Die Hennen wurden gebrüht, rasch gerupft und die sehr dünne Haut mitsammt dem Unterhautbindegewebe entfernt.

Die Thiere wurden dann ausgewaidet und der Körper rasch in einzelne Theile zerlegt. Diese Theile waren: Muskeln, Knochen, intermuskuläres Bindegewebe, Fettgewebe der Bauchhöhle, Leber, Herz; dazu noch Haut, Blut und Unterhautbindegewebe.

Alles übrige, also Nieren, Lungen, Augen, Geschlechtstheile etc. habe ich unter Rest zusammengefasst. Der vorher entleerte Darm kam zum Fettgewebe der Bauchhöhle, der Magen zum Rest mit Ausnahme der Muskelmägen der Hühner, die ich zu den Muskeln einbezog.

Gehirn und Rückenmark wurden nicht berücksichtigt. Sie enthalten trocken nach Voit[1]) 41 % Aetherextract und zeigen auch beim Hunger nur minimale, kaum nennenswerthe Schwankungen.

Die einzelnen Theile wurden sofort gewogen und bei 100° im Trockenschranke getrocknet; von den fein zerwiegten Muskeln nur eine Probe von 200 bis 300 g [2]).

Haut und Knochen wurden im Papin'schen Topf ausgekocht und in der abgedampften Brühe sowie im Rückstand je eine genaue Fettbestimmung gemacht; die vollständig wasserfreien Organe wurden gepulvert und in kleinen Proben das Fett bestimmt. Beim Blut anfangs durch gewöhnliches Extrahiren im Kölbchen, später nach dem Soxhlet'schen Verfahren.

Bei den sehr fettreichen Organen wurde das Fett, das bei 100° ausschmolz, abgegossen und bei 110° entwässert.

Aus dem Rückstand konnte über freiem Feuer noch viel Fett gewonnen werden, aus dem Reste von dieser Behandlung wurden mit Aether die letzten Fettmengen extrahirt.

Auf diesem Wege erhielt ich wohl ziemlich genaue Resultate. Bemerken muss ich, dass ich in allen Fällen das trockene Aether-

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 2 S. 353 u. 354: Voit, Ueber die Verschiedenheiten der Eiweisszersetzung beim Hungern.

2) Auf diese Weise waren grössere Wasserverluste zu vermeiden.

extract gleich Fett setzte, da ja die Verunreinigungen durch andere Stoffe, die löslich in Aether sind wie Cholestearin etc., nur geringgradige sind.

Versuchsprotokolle.

Ich bringe zunächst die absoluten Zahlen und zugleich einige Notizen über die untersuchten Thiere:

I. Hunde.

1. fetter Hund. Kleiner, langhaariger, sehr fetter Hund (Männchen), der, da er früher bereits zu experimentellen Untersuchungen verwendet wurde, lange Zeit im Käfig gehalten war. Erhielt am Tage vor dem Versuch noch Futter.

Gewicht: 3900 g.

Organe	frisch	trocken	Fett	trocken fettfrei
	g	g	g	g
Blut	132,0	(25,08) [1]	—	—
Herz	42,2	10,74	3,71	7,03
Leber	99,9	29,06	4,34	24,72
Muskel	1505,2	478,10	164,54	313,56
Knochen	407,5	252,85	36,29	216,56
intermuskuläres Bindegewebe	137,9	112,55	103,75	8,80
Bauchhöhle	307,9	160,61	129,01	31,60
Haut	432,5	258,85	93,41	165,44
Unterhautbindegewebe	328,6	271,62	252,52	19,10
Rest	115,7	31,80	7,03	24,77
Summa	3509,4	1631,26	794,60	836,66

Gehirn . . . . 67,5 g [2]),
ca. 240,0 g Verlust durch Harn, Koth, Rückenmark,

3816,9 g, somit noch Verlust durch Wasserverdunstung = 2,13 %.

2. fetter Hund. Kleiner, zottiger, äusserlich für mager zu haltender Hund, erwies sich noch recht fett. Hunger seit 19 Tagen. Wasseraufnahme frei, desgleichen Körperbewegung (Männchen).

Gewicht: 4790 g.

1) berechnet mit 81 % Wasser.
2) enthält im Mittel 74,5 % Wasser.

Organe	frisch	trocken	Fett	trocken fettfrei
	g	g	g	g
Blut	245,0	38,48	0,17	38,31
Herz	53,6	12,44	3,09	9,35
Leber	139,7	38,90	8,57	30,33
Muskel	1619,4	506,90	178,65	328,25
Knochen	657,5	346,67	53,28	293,39
intermuskuläres Bindegewebe	176.3	117,54	99,57	17,97
Bauchhöhle	368,2	131,10	84,78	46,32
Haut	864,0	533,98	242,19	291,79
Unterhautbindegewebe	236,0	182,26	166,38	15,88
Rest	164,8	37,70	10,82	26,88
Summa	4524,5	1945,97	847,50	1098,47

Gehirn . . . . 71,6 g,
4596,1 [1]).

Verlust durch Harn, Koth, Rückenmark, Verdunstung = 4,05 %.

3. magerer Hund. Windspiel, Männchen, sehr mager, hatte einige Wochen vorher zu einem Blutdruckversuche gedient und hiebei viel Blut verloren. Seine Nahrung in der letzten Zeit war:

von 1. bis 4. Januar . . . Fleisch in reichlicher Menge,
„ 5. Januar bis 22. Februar gemischtes Futter,
„ 23. Februar bis 12. März täglich 300 g Fleisch,
13. März . . . . Hunger,
14. März . . . . Tod.

Wasseraufnahme und Bewegung frei.

Gewicht: 10650 g, nach dem Verbluten: 9770 g.

Organe	frisch	trocken	Fett	trocken fettfrei
	g	g	g	g
Blut	789,0	210.00	0,63	209,37
Herz	101.5	26,12	5,72	20,40
Leber	194.5	63,20	5,22	57.98
Muskel	5020.5	1361.12	125.70	1235,42
Knochen	1552,1	898.87	137,62	761,25
intermuskuläres Bindegewebe	479,0	309,99	238.45	71,54
Bauchhöhle	519,5	240,00	166.82	73,18
Haut	922,6	467,36	67.38	399,98
Unterhautbindegewebe	325,0	239,20	204.40	34,80
Rest	369.4	92,75	12,64	80,11
Summa	10273,1	3908,61	964,58	2944,03

1) Der grösste Theil des Harns und Kothes ging in der Agone ab.

Summa von S. 350:	10273,1 g
Gehirn	72,8 g
Galle	9,0 g
Darminhalt	36,0 g
Oesophagusinhalt . .	5,0 g
Rückenmark . . .	21,9 g
	10417,8 g
. . . . .	91,0 g
	10508,8 g

Gewicht des todten Thieres . 9770 g
Blut . . . . 789 g
10650 g — 10559 g =
91 g Verlust durch Harn und Koth während der Agone.

10508,8 g, somit Verlust durch Wasserverdunstung = 1,33 %.

II. Kaninchen.

Die beiden Kaninchen wurden während 83 Tagen jedes täglich mit 250 ccm Milch, 30 g Heu, 2 Semmeln, 10 g Schmalz gefüttert. Anfangs frassen sie fast nichts, später mit Vorliebe das Heu, das sie aus dem Gemische heraussuchten. Dabei nahmen sie bedeutend an Gewicht zu.

	fettes	mageres	
Beginn der Fütterung 25. April	1978 g	1778 g	Gewicht
am 4. Mai	1885 g	1732 g	„
„ 5. Juni	2117 g	1941 g	„
„ 17. Juli	2425 g †	2211 g	„

1. fettes Kaninchen. Gewicht: 2425 g.

Organe	frisch	trocken	Fett	trocken fettfrei
	g	g	g	g
Blut	49,8	9,04	0,014	9,03
Herz	7,6	2,16	0,59	1,57
Leber	90,2	21,30	2,53	18,77
Muskel	937,3	261,06	41,33	219,73
Knochen	190,6	110,21	18,60	91,61
intermuskuläres Bindegewebe	67,1	48,17	41,50	6,67
Bauchhöhle	240,0	140,50	124,50	16,00
Haut	303,1	118,46	7,98	110,48
Unterhautbindegewebe . .	126,5	95,77	85,30	10,47
Rest.	47,3	11,25	2,57	8,68
Summa	2059,5	817,92	324,91	493,01

Gehirn	9,0 g
Darm- und Mageninhalt . . .	169,0 g
	2237,5 g

Verlust durch Harn und Koth (während der Agone), Rückenmark und Verdunstung = 7,73 %.

2. mageres Kaninchen. Gewicht nach 13tägigem Hunger am 1. August: 1617 g (Abnahme bei Hunger = 594 g).

Organe	frisch	trocken	Fett	trocken fettfrei
	g	g	g	g
Blut	41,5	8,80	0,03	8,77
Herz	4,96	1,09	0,28	0,81
Leber	42,98	13,41	4.40	9,01
Muskel	703,0	188,82	24,78	164,04
Knochen	171,2	100,60	16,10	84,50
intermuskuläres Bindegewebe	34,6	22,65	18,72	3,93
Bauchhöhle	113,0	41,94	28,60	13,34
Haut	262,0	110,63	3,09	107,54
Uuterhautbindegewebe	51.0	32,84	26,17	6,67
Rest	47,3	12,60	3,98	8,62
Summa	1471,5	533,38	126,15	407,23
Gehirn	9,8 g			
Darminhalt	70,0 g			
	1551,3 g			

Verlust durch Harn und Koth (in der Agone), Rückenmark, Verdunstung = 4,06 %.

III. Hühner.

1. fette Henne. Grosse, sehr fette Henne, im Eierlegen. Wurde noch am Todestage gefüttert.

Gewicht: 3096 g.

Organe	frisch	trocken	Fett	trocken fettfrei
	g	g	g	g
Blut	63,9	10,94	0,67	10,27
Herz	16,5	5,81	3,54	2,27
Leber	90,9	27,60	10,22	17,38
Muskel	915,0	242,17	45,71	196,46
Knochen [1])	313,0	(193,10)	(41,31)	(151,79)
intermuskuläres Bindegewebe	67,5	43,20	34,50	8,70
Bauchhöhle	395,0	352,13	344,10	8,03
Haut und Biudegewebe	536,2	280,35	238,60	41,75
Rest	217,0	54,40	13,76	40,64
Summa	2615,0	1209,70	732,41	477,29
Eier	93,6 g			
	2708,6 g			

Verlust durch Koth, Federn, Gehirn und Rückenmark, Wasserverdunstung = 12,51 %.

1) Knochen verbrannten beim Auskochen. Zahlen berechnet nach den bei der zweiten Henne gefundenen.

2. fette Henne. Bis zum Augenblick des Todes reichlich mit Weizen gefütterte grosse, sehr fette Henne. Eier noch ziemlich klein. Gewicht: 2632 g, nach dem Verbluten und Rupfen: 2427 g.

Organe	frisch	trocken	Fett	trocken fettfrei
	g	g	g	g
Blut	64,5	11,33	0,07	11,26
Herz	6,3	1,61	0,53	1,08
Leber	53,1	16,50	4,23	12,27
Muskel	995,5	269,80	39,05	230,87
Knochen	241,5	149,02	31,87	117,15
intermuskuläres Bindegewebe	59,5	42,80	36,07	6,73
Bauchhöhle	343,1	285,26	270,78	14,48
Haut und Bindegewebe	402,4	276,60	228,80	47,80
Rest	84,4	20,80	6,27	14,53
Summa	2250,3	1073,72	617,67	456,05

Federn	140,5 g		
Gehirn	3,3 g	Gewicht vor dem Tode	2632,0 g
Eier	10,4 g	Blut	64,5 g
Galle	1,8 g		2567,5 g
Darminhalt	44,0 g	Gewicht nach Rupfung	2427,0 g
Magen-, Kropfinhalt	87,5 g	Federn	140,5 g
	2537,8 g		

Verlust durch Rückenmark, Wasserverdunstung = 3,58 %.

3. magere Henne. Kleines, altes, äusserst abgemagertes Thier. Hatte mehrere Tage gehungert. Magen ganz, Darm fast leer. Gewicht: 740 g.

Organe [1]	frisch	trocken	Fett	trocken fettfrei
	g	g	g	g
Blut	20,5	3,59	0,05	3,54
Herz	2,7	0,85	0,33	0,52
Leber	16,0	4,53	0,49	4,04
Muskel	272,5	75,11	10.81	64,30
Knochen	142,8	81,10	5,27	75,83
Bauchhöhle	56.4	13,71	4,92	8,79
Haut und Bindegewebe	46,8	20,24	8,60	11,64
Rest	38,2	8,35	1,49	6,86
Summa	595,9	207,48	31,96	175,52

Verlust überhaupt: 19,47 % [2]).

1) Intermuskuläres Bindegewebe fehlte vollkommen.

2) Ich habe leider bei den meisten Thieren die Abfälle wie Koth, Harn etc. zu wiegen vergessen, daher die Verluste durch Verdunstung von Wasser während

Obige absolute Zahlen gestatten bereits einen Einblick in die Verschiedenheiten der Ablagerung des Fettes, die Bevorzugung einzelner und das Zurückstehen anderer Organe.

Einen genaueren Einblick werden jedoch erst die procentischen Werthe ermöglichen, die ich deshalb sofort anführen will.

Da ein weiterer Zweck der Untersuchung der ist, die Unterschiede zwischen den einzelnen Individuen klar zu legen, so trenne ich bereits jetzt die fetten von den mageren.

Es sind in den einzelnen Organen an Fett in Procenten enthalten:

Reihe der fetten Thiere.

Organe	% Fett	1. fetter Hund	2. fetter Hund	1. fettes Kaninchen	1. fette Henne	2. fette Henne
Herz	frisch	8,79	5,77	7,76	21,42	8,41
	trocken	34,54	24,84	27,31	60,93	32,92
Leber	frisch	4,34	6,13	2,80	11,24	7,97
	trocken	14,93	22,03	11,88	37,03	25,64
Muskel	frisch	10,93	11,03	4,41	4,99	3,92
	trocken	34,42	35,24	15,83	18,88	14,47
Knochen	frisch	8,91	8,10	9,76	—	13,19
	trocken	14,35	15,37	16,88	—	21,39
intermuskuläres Bindegewebe	frisch	75,24	56,48	61,85	51,11	60,62
	trocken	92,18	84,71	86,15	79,86	84,28
Bauchhöhle	frisch	41,89	23,03	51,88	87,11	78,92
	trocken	80,33	64,67	88,61	97,72	94,92
Haut	frisch	21,59	28,03	2,63	}	}
	trocken	36,09	45,36	6,74	}	}
Unterhautbindegewebe	frisch	76,85	70,50	67,43	44,49	56,86
	trocken	92,97	91,29	89,07	85,11	82,72
Rest	frisch	6,08	6,57	5,44	6,34	7,43
	trocken	22,11	28,70	22,84	25,29	30,14

des Zergliederns nur bei wenigen genau festzustellen sind; doch glaube ich, dass bei der raschen Verarbeitung dieselben 2% des Körpergewichtes nicht übersteigen. Erfahrungsgemäss sind diese Verluste fast nur auf Rechnung der Muskeln zu setzen. Ohlmüller hat 2,3—3,3% Wasserverlust gefunden (Zeitschrift f. Biol. Bd. 18 S. 85).

Reihe der mageren Thiere.

Organe	% Fett	3. magerer Hund	2. mageres Kaninchen	3. magere Henne
Herz	frisch	5,64	5,65	12,22
	trocken	21,89	25,69	38,82
Leber	frisch	2,68	10,24	3,06
	trocken	8,26	32,81	10,82
Muskel	frisch	2,50	3,52	3,97
	trocken	9,24	13,21	14,39
Knochen	frisch	8,87	9,40	3,69
	trocken	15,31	16,00	6,49
intermuskuläres Bindegewebe	frisch	49,78	54,10	—
	trocken	76,92	82,65	—
Bauchhöhle	frisch	32,11	25,31	8,72
	trocken	69,51	68,19	35,88
Haut	frisch	7,30	1,18	
	trocken	14,42	2,79	
Unterhautbindegewebe	frisch	62,89	51,31	18,38 (Haut u. Unterhautbindegewebe)
	trocken	85,45	79,69	42,49 (Haut u. Unterhautbindegewebe)
Rest	frisch	3,42	8,41	3,90
	trocken	13,63	31,59	17,84

Ergebnisse der Versuche.

1. In welchen Organen ist das meiste Fett abgelagert?

Betrachtet man obige Werthe ohne Rücksicht auf den Gesammtgehalt des Körpers an Fett, d. h. stellt man lediglich die Frage, welche Organe im Thierkörper vorzüglich der Sitz der Fettablagerung sind, also Fettdepots im früher angegebenen Sinne darstellen, so stossen wir auf ein Resultat, das allerdings mit der Erwartung und der gewöhnlichen Erfahrung vollkommen übereinstimmt. Es sind besonders drei Organe, die gegenüber den übrigen so enorme und constante Unterschiede zeigen, dass an ihrer Bedeutung als Fettdepots nicht zu zweifeln ist, nämlich das intermuskuläre Bindegewebe, das Fettgewebe der Bauchhöhle und das Unterhautbindegewebe, während von den übrigen Organen einzelne unter gewissen Umständen zwar auch eine erhebliche Fettmenge beherbergen können,

wie Herz, Leber, Muskeln, ohne dass dieselbe jedoch eine Höhe erreicht, die jenen den Charakter als Fettkammern zu ertheilen vermöchte.

Die grösste Menge Fettes, die diese Organe aufnehmen können, beträgt für das Herz im frischen Zustande 21,42 % (60,93 % im trockenen Zustand), für die Leber 11,24 % (37,03 %), für die Muskeln 11,03 % (35,24 %), im Durchschnitt bleibt jedoch der Fettgehalt weit hinter diesen Zahlen zurück, denn er beträgt im Mittel nur

	%	%
für das Herz	7,75	(29,4),
für die Leber	5,32	(18,05),
für die Muskeln	4,89	(17,21);

bei den fettreichen Theilen dagegen beträgt das Mittel etwa

	%	%
für das intermuskuläre Bindegewebe	59,9	(84,97),
für die Bauchhöhle	52,87	(83,21),
für das Unterhautbindegewebe . .	64,31	(87,77),

und als die minimale Grenze, abgesehen von dem nahezu fettlosen Huhn (wo die Werthe 0, 8,72 %, 18,38 % für die frischen Gewebe sind) ergibt sich

	%	%
für das intermuskuläre Bindegewebe	49,78	(76,92),
für die Bauchhöhle	23,03	(64,67),
für das Unterhautbindegewebe . .	44,49	(79,69),

somit im frischen Organe das 2—4 fache der maximalen Fettmenge der im Fettgehalt zunächst stehenden Organe.

Die Fettreservoirs sind, was den Procentgehalt an Fett anlangt, im Mittel nicht sehr von einander verschieden [intermuskuläres Bindegewebe 58,45 % (84,25 %), Bauchhöhle 56,12 % (74,97 %), Unterhautbindegewebe 56,34 % (82,35 %)]; der absoluten Masse nach ist das Reservoir im Unterhautbindegewebe weitaus das grösste, ihm zunächst steht die Bauchhöhle, die kleinste Fettkammer repräsentirt das intermuskuläre Bindegewebe.

Von den übrigen Organen betheiligen sich das Skelet und die unter „Rest" zusammengefassten nur mässig an der Fettaufnahme. Fast fettfrei erscheint die eigentliche Haut; die grossen Zahlen im

Fettgehalte derselben bei den Hunden finden ihre Erklärung in dem bereits eingangs erwähnten Umstand, dass die Trennung der Haut vom Unterhautbindegewebe eben nicht so rein auszuführen war, als es wünschenswerth erschien. Bei den Kaninchen, wo die Trennung leicht von Statten ging, erscheint daher die Haut fast fettfrei, was ja auch im anatomischen Bau seine Begründung findet.

2. Unterschied in der Fettablagerung beim fetten und mageren Thier.

Nachdem vorerst einfach constatirt wurde, in welchen Organen überhaupt sich mit Vorliebe eine grössere Fettmenge ansammelt, erübrigt noch zu erfahren, welche Unterschiede in der Ablagerung bei fetten und mageren Thieren vorhanden sind.

Hierbei sind folgende Fragen zu beantworten:

a) Nehmen bei der allgemeinen Fettzunahme alle Organe an Fett zu oder sind es wiederum die fettreichen, die eine hauptsächliche Mehrung ihrer Fettmenge erfahren?

b) oder nehmen die fettarmen Organe erst zu, wenn die Aufnahmsfähigkeit der fettreichen bereits erschöpft ist? ferner

c) existirt eine Reihenfolge? und in welcher betheiligen sich die Organe an der Fettaufnahme?

d) welches sind die Grenzwerthe für den Fettgehalt beim fetten und mageren Thier?

ad a. Im Allgemeinen erweisen sich alle Organe an der Fettaufnahme betheiligt, jedoch nicht so, dass alle eine gleichmässige Mehrung erleiden, sondern hauptsächlich die fettreichen Gewebe und unter ihnen wieder besonders die Bauchhöhle und das Unterhautbindegewebe. Das intermuskuläre Bindegewebe erscheint gleich anfangs, sobald es eine wägbare Menge darstellt, ziemlich fettreich, nimmt jedoch nur wenig mehr zu. Die übrigen Organe, die zum Theil ein recht auffallendes und von der sonstigen Ablagerung vollkommen abweichendes Verhalten zeigen (ich nenne das Herz der mageren Henne, die Leber des mageren Kaninchens), sind doch im Grossen und Ganzen nur in geringem Grade zum Fettansatze geeignet.

Den Knochen scheint unter den gegebenen Bedingungen jene Fähigkeit vollständig abzugehen, ebenso der Haut. Die Unterschiede, welche die ersteren bei den Hühnern zeigen, werden bei der Betrachtung der Unterschiede zwischen den Thierarten erörtert werden.

ad b. Zur Beantwortung dieser Frage ist die Kenntniss des gesammten Fettgehaltes der Thiere erforderlich.

Ich habe ihn berechnet:

für 1. fetten Hund auf . . . . 22,6 %
„ 2. „ „ „ . . . . 18,7 %
„ 1. fettes Kaninchen auf . . . 15,7 %
„ 1. fette Henne auf . . . . 28,0 %
„ 2. „ „ „ . . . . 27,5 %
„ 3. mageren Hund auf . . . 9,4 %
„ 2. mageres Kaninchen auf . . 8,6 %
„ 3. magere Henne auf . . . 5,4 %

Hiernach können bloss die fetten Thiere verglichen werden, da die Frage ja einen gewissen Fettgehalt bereits voraussetzt.

Ihr Fettgehalt zeigt ein ziemlich gleichmässiges Ansteigen.

Organe	fettes Kaninchen	2. fetter Hund	1. fetter Hund	2. fette Henne	1. fette Henne
	%	%	%	%	%
Herz	7,76	5,77	8,79	8,41	21,42
Leber	2,80	6,13	4,34	7,97	11,24
Muskel	4,41	11,03	10,93	3,92	4,99
Knochen	9,76	8,10	8,91	13,19	—
Rest	5,44	6,57	6,08	7,43	6,34
Haut	2,63	28,03	21,59	—	—
intermuskulares Bindegew.	61,85	56,48	75,24	60,62	51,11
Bauchhöhle	51,88	23,03	41,89	78,92	87,11
Unterhautbindegewebe	67,43	70,50	76,85	56,86 [1]	44,49 [1]
Gesammtfettgehalt	15,7 %	18,7 %	22,6 %	27,5 %	28 %

Die Tabelle lässt allerdings, wenn man von einigen vielleicht durch die Thierart bedingten Ausnahmen absieht (Muskeln der Hunde), wenigstens für Herz und Leber, jedoch kaum für die Muskeln ein etwas

1) Wegen der Beimischung der Haut offenbar zu niedrig.

stärkeres Anwachsen ihres Fettgehaltes bei grossem Fettgehalt des Gesammtkörpers ersehen; allein es bleibt doch zu berücksichtigen, dass wir ja gar nicht wissen, ob bei den Fettkammern bereits eine überreichliche Füllung vorhanden ist.

Das intermuskuläre Bindegewebe zeigt zwar trotz des allgemeinen Fettzuwachses keinen Zuwachs mehr, die beiden andern aber einen so bedeutenden, dass es fraglich erscheint, ob sie nicht einen noch grösseren erleiden können. Jedenfalls wäre es gewagt, da es unmöglich ist, wenigstens vorderhand, über den Eintritt oder die Gegenwart der Ueberfüllung etwas auszusagen, auf Grund der wenigen positiven Zahlen die oben gestellte Frage zu bejahen, wiewohl es sehr verlockend ist anzunehmen, dass erst die Depots gefüllt werden und nur bei deren Ueberfüllung das Fett in den übrigen Organen Aufnahme findet. Wenigstens hat Forster[1]) angegeben, dass man, freilich nur auf gröbere Untersuchungen (bei Mastthieren) gestützt, dieser Annahme huldigt; gelungen ist der sichere Nachweis nicht. Somit fällt überhaupt die Wahrscheinlichkeit einer gewissen Reihenfolge für die Füllung der Organe fort (ad c).

Doch macht es den Eindruck, als ob eine solche für die fettreichen Gewebe, hauptsächlich beim Uebergang von mager zu fett, statthat.

Am raschesten weist das intermuskuläre Bindegewebe einen starken Fettgehalt auf, langsamer das Unterhautbindegewebe. Das Reservoir der Bauchhöhle scheint lange Zeit ziemlich leer zu bleiben, erreicht aber schliesslich einen Gehalt, der weit höher steht als der der beiden andern.

ad d. Folgendes sind die Grenzen, innerhalb deren der Fettgehalt der einzelnen Organe bei fetten und mageren Thieren schwankt. (Die Zahlen in Klammern bedeuten die Procente der trockenen Substanz.)

Organe	fettes Thier	mageres Thier
Herz . . .	5,77 (24,84) bis 21,42 (60,93)	5,64 (21,89) bis 12,22 (38,82)
Leber . . .	2,80 (11,88) „ 11,24 (37,03)	2,68 (8,26) „ 10,24 (32,81)
Muskeln . .	3,92 (14,47) „ 11,03 (35,24)	2,50 (9,24) „ 3,97 (14,39)

1) a. a. O. S. 462.

Organe	fettes Thier			mageres Thier		
Knochen . .	8,10 (14,35)	bis	13,19 (21,39)	3,69 (6,49)	bis	9,40 (16,0)
intermuskuläres Bindegewebe	51,11 (79,86)	„	75,24 (92,18)	0	„	54,10 (82,65)
Bauchhöhle .	23,03 (64,67)	„	87,11 (97,72)	8,72 (35,88)	„	32,11 (69,51)
Unterhaut-bindegewebe	44,49 (82,72)	„	76,85 (92,97)	18,38 (42,49)	„	62,89 (85,45)
Rest . . .	5,44 (22,11)	„	7,43 (30,14)	3,42 (13,63)	„	8,41 (31,59)

3. Existiren im Fettgehalte Unterschiede zwischen den einzelnen Thierarten?

Es fallen hier einige Abweichungen in die Augen, die jedoch nicht so bedeutend sind, dass sie als Eigenthümlichkeiten der Thierart aufzufassen sind, wie z. B. bei dem Herz und der Leber der Hennen, die viel fettreicher sind als die aller anderen Thiere.

Dieselbe Eigenthümlichkeit findet sich allerdings auch bei den Gänsen, besonders bei längerer Mast; — dann bei den Muskeln der fetten Hunde, die ebenfalls viel mehr Fett enthalten als die der anderen Tiere.

Ein sonderbares Verhalten bieten dagegen die Knochen. Sie zeigen, wie wir gefunden, in unseren nur kleine Schwankungen im Fettgehalt, was ja zum Theil aus der in eine starre Form gebrachten Zusammensetzung aus anorganischen und organischen Stoffen, die keine Volumsvergrösserung duldet, erklärlich wird.

Abweichend davon erscheinen die Knochen der Hühner im Fettgehalte. Es ist dies wohl darauf zurückzuführen, dass bei den Säugethieren in der Markhöhle und den Zellen der Spongiosa nur beschränkter Raum für Fett vorhanden ist, während die lufthaltigen Knochen der Vögel ihren Fettgehalt auf Kosten ihres Luftgehaltes zweifelsohne vermehren können.

Gleichfalls verschieden verhält sich die Bauchhöhle bei den Hennen. Sie steht in ihrem Fettgehalte weit über dem Unterhautbindegewebe. Forster[1]) hat bei Tauben dagegen eine äusserst geringe Fettmenge in der Bauchhöhle gefunden, und eine viel grössere im Unterhautbindegewebe. Ob dies eine specifische Eigenthümlichkeit

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 12 S. 460.

der Hühner ist oder ob die Thätigkeit der Geschlechtsdrüsen — die Ovulation — den Fettreichthum bedingt oder ob schliesslich bloss der grosse Fettgehalt der Thiere den bedeutenden Fettgehalt im letzteren Reservoir verursacht, wage ich nicht zu entscheiden.

Sonst bieten sich keine irgendwie bemerkenswerthe Unterschiede dar.

4. Wie vertheilt sich das Gesammtfett auf die einzelnen Organe?

Von 100 Theilen Fett treffen beim

Organe	1. fetten Hund	2. fetten Hund	3. mageren Hund	1. fetten Kaninchen	2. mageren Kaninchen	1. fetten Henne	2. fetten Henne	3. mageren Henne
auf Herz	0,47	0,36	0,59	0,18	0,22	0,49	0,09	1,03
„ Leber	0,55	1,01	0,54	0,78	3,49	1,39	0,68	1,53
„ Muskel . . .	20,71	21,08	13,03	12,72	19,64	6,24	6,32	33,82
„ Knochen . . .	4,57	6,29	14,27	5,73	12,67	5,64	5,16	16,49
„ intermuskuläres Bindegewebe .	13,06	11,75	24,72	12,77	14,84	4,71	5,84	—
„ Bauchhöhle . .	16,24	10,00	17,29	38,32	22,67	46,98	43,85	15,10
„ Haut u. Unterhautbindegewebe .	43,54	48,21	28,18	28,71	23,20	32,85	37,03	26,91
„ Rest	0,89	1,28	1,31	0,79	3,16	1,88	1,02	4,66
„ Blut . . .	—	0,02	0,07	0,04	0,03	0,09	0,01	0,16

Vom Gesammtfett trifft in Procenten

Organe	beim fetten Thier	beim mageren Thier
auf Herz	ca. 0,09 bis 0,49	0,22 bis 1,03
„ Leber	0,55 „ 1,39	0,54 „ 3,49
„ Muskel.	6,24 „ 21,08	13,03 „ 33,82
„ Knochen	4,57 „ 6,29	12,76 „ 16,49
„ intermuskuläres Bindegewebe .	4,71 „ 13,06	0 „ 24,72
„ Bauchhöhle	10,0 „ 46,98	15,4 „ 22,67
„ Haut und Unterhautbindegewebe	28,71 „ 48,21	23,5 „ 28,18
„ Rest	0,79 „ 1,88	1,31 „ 4,66

Aus dieser Vertheilung ist zu entnehmen:

Das grösste Depot bildet das Unterhautbindegewebe für die Säugethiere, die Bauchhöhle für die Hühner. Ihm zunächst steht

die Bauchhöhle resp. das Unterhautbindegewebe. Bei ersteren trifft auch auf das intermuskuläre Bindegewebe noch eine ziemliche Menge. Auf die Muskeln, die an sich nicht sehr fettreich sind, entfällt ein sehr grosser Procentsatz des Gesammtfettes, wohl nur in Folge ihrer Masse, die die der andern Organe weit übertrifft.

Beim mageren Thier findet sich procentig fast durchgängig eine viel grössere Menge Fett auf die fettärmeren Organe vertheilt als bei den fetten Thieren. Es rührt dies daher, dass mit der Abnahme der Fettmenge in den Depots die Prävalenz derselben über die übrigen Körpertheile aufhört, d. h. in dem Maasse als die Fettmenge am ganzen Körper abnimmt, strebt die Vertheilung des Fettes auf seine Theile einer gewissen Gleichmässigkeit zu, deren obere und untere Grenze gegeben wird durch die Masse der einzelnen Organe.

5. Wie gestalten sich die Fettverhältnisse beim hungernden Thier?

War es bei dem Fehlen jeglicher Fütterungsversuche mit reichlichem Fettansatz unmöglich, genau nachzuweisen, wie und in welcher Reihenfolge der Ansatz bei den einzelnen Organen vor sich geht, so ist es jetzt, wenigstens für einige Thiere, möglich zu verfolgen, in welcher Weise der Fettgehalt der Organe beim Hunger oder bei verminderter, ungenügender Nahrungsaufnahme abnimmt.

Es hat dies besonders darum Werth, weil man vielfach beim Menschen versucht hat, auf einen übermässigen Fettreichthum einzuwirken, und wenn ich auch nicht beabsichtige, die bei Thieren gefundenen Resultate ohne weiteres auf den Menschen zu übertragen, so geben sie doch ein gewisses Bild, unter dessen Eindruck die beim Menschen zu beobachtenden Vorgänge leichter verständlich erscheinen.

Beim Hunger verliert der Körper fortwährend von seinen Bestandtheilen, besonders Fett und Eiweiss. Man hat bisher nur allgemein untersucht, wieviel die einzelnen Organe überhaupt an Gewicht verloren und für das unter „Fettgewebe" zusammengefasste sichtbare Fett festgestellt, dass es etwa 93 % (Chossat bei Tauben) bis 97 % (Voit bei Katzen) [1]) seines Gewichtes verlor. Ferner ist

1) Voit, Lehrbuch des Gesammtstoffwechsels und der Ernährung S. 96—97.

bekannt, dass sich beim Hunger ein fetter Organismus wesentlich verschieden von einem mageren verhält. Ein fetter Körper ist durch sein Fett anfangs vor grösseren Verlusten von Eiweiss geschützt, so lange der Vorrath reicht; ein magerer, der seinen kleinen Fettvorrath rasch aufbraucht, zersetzt sofort viel mehr Eiweiss und der Moment des Untergangs der für die Lebensbedingungen nothwendigen Organmasse tritt eher ein. Immerhin aber tritt wegen der den Eiweisszerfall überwiegenden Fettzersetzung zumeist zuerst ein Mangel an Fett im Körper auf, jedenfalls zunächst an demjenigen, welches in Zeiten reichlicher Ernährung in den Reservoirs aufgespeichert worden war.

Ich habe hierfür an den beiden Kaninchen ein Beispiel. Beide wurden reichlich gefüttert, das erste fette untersucht, das andere erst nach 13tägigem Hunger.

Nehme ich an, dass bei der gleichen Zunahme beider während der Fütterung der Fettgehalt der Thiere anfangs ziemlich gleich war (der Unterschied im Gewicht ist wohl nur auf die Grössendifferenz zurückzuführen) und berechne ich nach den für das fette Kaninchen gefundenen Werthen den Fettgehalt der Organe des mageren Thieres bei Beginn des Hungers, so werde ich mit einiger Genauigkeit den Verlust der Organe an Fett während der 13tägigen Hungerperiode feststellen können. Ich handle dabei nach dem Vorgange Voit's [1]), der auf diese Weise an zwei Katzen den Verlust der Organe im Hunger überhaupt constatirte.

Die beiden Kaninchen wogen am Anfang der Fütterung:

das grössere, später fettes . . . 1978 g,
das kleinere, später mageres . . . 1778 g,

am Ende der 83tägigen Fütterung:

das grössere . . . . 2425 g,
das kleinere . . . . 2211 g,

somit hatte das grössere zugenommen um . . 447 g,
das kleinere um . . . . 433 g.

Das kleinere wog am Ende der Hungerperiode 1617 g, hatte somit 594 g verloren.

Wie oben berechnet, zeigte das magere Kaninchen am Ende der Fütterung folgende Werthe:

---

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 2 S. 352—356.

Organe	frisch	trocken	Fett	Wasser
	g	g	g	g
Blut	45,4	8,26	0.01	37,14
Herz	6,9	1,96	0,54	4,94
Leber	82,3	19,43	2,31	62,87
Muskel	854,6	238,03	37,68	616,57
Knochen	173.8	100,49	16,96	73.31
intermuskuläres Bindegewebe	61,2	44,23	37,85	16,97
Bauchhöhle	218,8	128,09	113,50	90,71
Haut	276,3	107,99	7,27	168,31
Unterhautbindegewebe	115,3	87,29	77,75	28,01
Rest	43,1	10,26	2,34	32,84
Summa	1877,7	746,03	296,21	1131,67

Mageres Kaninchen am Ende des Hungers.

Organe	frisch	trocken	Fett	Wasser
	g	g	g	g
Blut	41,5	8,80	0,08	32,70
Herz	4,96	1,09	0,28	3,87
Leber	42,98	13.41	4.40	29.57
Muskel	703,0	188,82	24,78	514,18
Knochen	171,2	100,60	16,10	70,60
intermuskuläres Bindegewebe	34,6	22,65	18,72	11,95
Bauchhöhle	113,0	41,94	28,60	71,06
Haut	262,0	110,63	8,09	151,37
Unterhautbindegewebe	51,0	32,84	26,17	18,16
Rest	47,3	12,60	3,98	34,70
Summa	1471,5	533,38	126,15	938,12

Verlust in absoluten Zahlen.

Organe	frisch	trocken	Fett	Wasser
	g	g	g	g
Blut	3,9	(+ 0,54)	(+ 0,02)	4,44
Herz	1,94	0,87	0,26	1,07
Leber	39,32	6,02	(+ 2,09)	33,30
Muskel	151,6	49,21	12,90	102,39
Knochen	2,6	(+ 0,11)	0,86	2,71
intermuskuläres Bindegewebe	26,6	21,58	19,13	5,02
Bauchhöhle	105,8	86,15	84,90	19,65
Haut	14,3	(+ 2,64)	4,18	16,94
Unterhautbindegewebe	64,3	54,45	51,58	9,85
Rest	4,2	(+ 2,34)	(+ 1,64)	(+ 1,86)
Summa	406,2	212,65	170,06	193,55

100 g des Körpers des Kaninchens hatte somit verloren:

frisch	trocken	Fett	Wasser
18,4 %	9,6 %	7,7 %	8,8 %

Verlust der einzelnen Organe in Procenten.

Organe	frisch	trocken	Wasser	Fett	Von 100 Theilen Fettverlust treffen auf
Blut	8,59	—	—	—	—
Herz	28,12	12,61	15,51	3,77	0,15
Leber	47,76	7,31	40,45	—	—
Muskel	17,74	5,76	11,98	1,51	7,60
Knochen	1,50	—	—	0,50	0,51
intermuskuläres Bindegewebe	43,46	35,26	8,20	31,26	11,25
Bauchhöhle	48,35	39,37	8,98	38,80	49,94
Haut	5,18	—	—	1,51	2,46
Unterhautbindegewebe	55,77	47,22	8,55	44,74	30,34
Rest	—	—	—		—

Das Kaninchen hatte sohin in seinen Organen verloren:

Organe	Trocken-substanz	Fett
	%	%
Herz	12,61	3,77
Leber	7,31	0
Muskel	5,76	1,51
Knochen	—	0,50
intermuskuläres Bindegewebe [1])	35,26	31,26
Bauchhöhle [1])	39,37	38,8
Haut	—	1,51
Unterhautbindegewebe [1])	47,22	44,74

Haut und Knochen haben ausser einem ganz geringen Fettverlust keinen Organverlust; sehr viel Organverlust mit wenig Fettverlust Herz, Leber und Muskeln; während die Fettdepots, wie vorauszusehen, fast nur Fettverlust erlitten. Von letzteren hat ferner das Unterhautbindegewebe um 6 % Fett mehr verloren als die Bauchhöhle, diese um 7 % mehr als das intermuskuläre Bindegewebe.

---

1) Der Fettverlust dieser drei Theile zusammen, also des sichtbaren Fettgewebes, beträgt 91 %, stimmt also mit den früheren Zahlen nahezu überein.

Betrachtet man die Vertheilung des Verlustes auf die Organe, so ändert sich das Verhältniss zu Gunsten des Unterhautbindegewebes etwas. Das Reservoir in der Bauchhöhle ist zur Hälfte geleert, das Unterhautbindegewebe nur zu $^1/_8$, das intermuskuläre Bindegewebe zu $^1/_{10}$. Die grosse Muskelmenge trifft ein Verlust von $^1/_{14}$.

Ich ziehe hieraus den Schluss, dass das Fett in der Bauchhöhle weitaus das labilste ist, das am leichtesten entbehrliche und dass gerade es beim Hunger am schnellsten verloren geht; während das Muskel- und intermuskuläre Bindegewebefett sehr wenig, das übrige Organfett so gut wie gar nicht verzehrt wird.

Von den beiden fetten Hunden hatte der mit 2 bezeichnete da er ursprünglich entfettet werden sollte, 19 Tage lang gehungert. Bei der Obduction erwies sich das Thier jedoch noch ziemlich fettreich. Es hatte fast nur von dem Fette der Bauchhöhle abgegeben, bestätigt also die obige Erfahrung.

6. Wie ist der Verlust bei unzulänglicher Nahrung und gleichzeitigem Fetthunger?

Mein magerer Hund, der früher stets fett gewesen sein soll, nach dem grossen Blutverluste jedoch stark abmagerte, erhielt längere Zeit nur 300 g reinen Fleisches, um ihn in seiner Fettarmuth zu erhalten. Natürlich setzte er bei dieser unzureichenden Nahrung noch von seinem eigenen Fett und Fleisch zu. Er weist vorzüglich ein Minus im Fettgehalte seiner lebenswichtigen Organe und in der Bauchhöhle sowie dem Unterhautbindegewebe auf.

Das Minus in den Organen wie Herz, Leber, Muskeln ist wohl deshalb vorhanden, weil das Thier, dessen Gesammtfettmenge schon so bedeutend verringert war, längere Zeit hungerte und Fett verlor als das magere Kaninchen.

Fasst man diese Resultate über die Fettabnahme mit den freilich noch etwas mangelhaften über den Fettzuwachs im Körper zusammen, so ergeben sich vorläufig folgende Regeln:

Wenn ein Thier fett wird, so lagert es zunächst Fett in das intermuskuläre Bindegewebe ab, gleichzeitig auch in das Unterhautbindegewebe. Erst wenn diese beiden schon eine beträchtliche Fett-

menge enthalten, beginnt hauptsächlich das Fett der Bauchhöhle anzuwachsen und nur bei dauernder enormer Zufuhr von Fett oder bei grosser Fettproduction im Körper selbst werden auch die übrigen Organe, vor allem Herz, Leber, Muskel wesentlich fettreicher.

Vielleicht bedingt die verschiedene Mächtigkeit des fettfassenden Bindegewebes und die Entwicklung der Kapillargefässe die Grösse der Fettablagerung im Unterhautbindegewebe oder der Bauchhöhle.

Magert hingegen ein fettes Thier ab, so verschwindet in erster Linie das Fett der Bauchhöhle — möglicherweise weil es dem Circulationscentrum am nächsten liegt — und in umgekehrter Reihe das Fett der übrigen in Frage kommenden Organe. Selbstverständlich betheiligen sich in beiden Fällen die andern Organe etwas mit, jedoch in weit geringerem Grade.

Ein fettarmes Thier verliert beim Abmagern auch das meiste Fett aus seinen Depots, aber die gleichzeitige Betheiligung der andern Organe ist erheblich stärker als beim fettreichen Thier.

Diese Regeln gelten zunächst bloss für das Thier; jedoch ergeben sich nach alltäglichen Erfahrungen für den Menschen einige Uebereinstimmungen, die es zulassen, die Regeln auch auf ihn anzuwenden.

Wir sehen, dass beim Menschen das Fett im Bauchraum zumeist erst dann auftritt, wenn der übrige Fettgehalt schon ziemlich vorgeschritten ist. Bei Sectionen mässig fetter Leute überzeugt man sich, dass die Bauchhöhle oft noch ziemlich fettarm ist, wenn das Unterhautbindegewebe schon recht artige Fettschichten darstellt; und bei an chronischen Krankheiten besonders mit Ernährungsstörungen verstorbenen Menschen findet man das Fett in der Bauchhöhle häufig nahezu verschwunden, während im Unterhautbindegewebe noch reichlich Fett aufgespeichert ist. Waren solche Menschen an sich schon fettarm, so fällt neben der Fettarmuth der Depots der beträchtliche Fettschwund in allen Organen sofort in die Augen.

Ich kann demnach Unna nicht beistimmen, der bei Gelegenheit der Diskussion über „die Behandlung der Fettleibigkeit" auf dem 4. Congress [1]) für innere Medicin allerdings nur auf Grund äusserlicher Beobachtung die Mittheilung machte, dass bei Entfettungskuren (speciell nach Ebstein) das Herz- und Muskelfett zuerst

1) Verhandlungen dieses Congresses S. 58.

schwindet, dann das Hautfett und ganz zuletzt (oft nur nach Anschluss einer Bantingkur) das Gekrösefett.

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist es wahrscheinlich, dass gerade das Fett der Bauchhöhle zu allererst angegriffen wird, und wenn der „Fettbauch" sich dann nicht gleich verkleinert, so liegt der Grund eben darin, dass gerade das Unterhautbindegewebe der Bauchdecken eine Prädilectionsstelle für Fettablagerung bildet und dass die Fettschichte im Unterhautbindegewebe überhaupt länger bestehen bleibt.

7. Verhalten des Blutes.

Bei der ganzen bisherigen Betrachtung habe ich von dem Verhalten des Blutes geschwiegen, obwohl ich es in den Tabellen meist aufgeführt habe; einmal weil es vermöge seiner Beschaffenheit als Organ mit flüssiger Zwischensubstanz eine Sonderstellung einnimmt, dann aber weil es der Träger der in den Körper von aussen aufgenommenen Substanzen zu den andern Organen ist.

Als Organ betrachtet wird das Blut wie andere Organe in seinem Fettgehalte Schwankungen zeigen können, je nachdem der übrige Körper fett oder mager ist.

Als Träger des Ernährungsmaterials für sämmtliche Organe wird es Verschiedenheiten zeigen, je nachdem der Körper hungert oder ernährt wird und je nachdem die zugeführte Nahrung fettreich oder fettarm ist, besonders also zu Zeiten der Verdauung und Resorption im Darmkanal; dann aber auch wenn die Fettbildung im Thierkörper in Folge reichlicher Zufuhr von fettbildenden Stoffen sich ändert. Da das in allen möglichen Zellen des Körpers gebildete Fett nach den Untersuchungen von Forster zum grössten Theile in den Depots abgelagert wird, so muss es während einer gewissen Zeit das Blut passiren, und dieses wird dann eine Aenderung in seinem Fettgehalte erfahren.

Im Hungerzustand wird daher voraussichtlich die Fettmenge im Blute eine sehr geringe sein.

Uebrigens ist die Fettmenge im Blute sehr gering. Hofmann[1]) fand in 100 g Blut eines sehr fetten Hundes nur 0,08 g Fett.

---

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 8, 1872, Der Uebergang von Nahrungsfett in die Zellen des Thierkörpers S. 172.

Leider wurde in drei Fällen das Fett aus dem getrockneten Blute nur mit kochendem Aether im Kölbchen ausgezogen, weshalb diese Bestimmungen weniger genau sind als die übrigen fünf nach Soxhlet's Methode gemachten.

Thiere	Hund			Kaninchen		Henne		
Constitution	1. fetter	2. fetter	3. magerer	1. fettes	2. mageres	1. fette	2. fette	3. magere
	%	%	%	%	%	%	%	%
Wassergehalt	(81,56)	84,29	73,38 (?)	81,85	78,80	82,88	82,43	82,49
Fettgehalt im frischen Blut	(0,20)	0,07	0,08 (?)	0,03	0,07	1,05	0,11	0,24
Fettgehalt im trockenen Blut	(1,09)	0,44	0,30	0,15	0,36	6,12	0,62	1,39
	(Soxhlet)	(Soxhlet)	(Soxhlet)	—	—	(Soxhlet)	—	(Soxhlet)

1. fetter Hund. Das Blut ging bei dem Versuch, es in Blutkörperchen und Blutserum zu trennen, um beide getrennt zu untersuchen, auf der Centrifugalmaschine verloren. Ich habe dafür das Blut eines alten, sehr fetten Hundes, den Herr Dr. Erwin Voit [1]) untersuchte, eingesetzt.

2. fetter Hund. Hunger seit 19 Tagen.

3. magerer Hund. Hunger seit 48 Stunden.

1. fettes Kaninchen. Im Magen und Darm viel von dem fettreichen Futter.

2. mageres Kaninchen. Hunger seit 13 Tagen.

1. fette Henne. Hunger seit ca. 12—18 Stunden.

2. fette Henne. Vor dem Tode noch reichlich mit Weizen gefüttert. Kropf, Magen, Darm voll Inhalt.

3. magere Henne. Hunger seit längerer Zeit.

Wenn ich die nicht nach Soxhlet erhaltenen Ergebnisse ausschliesse, so erhellt aus den übrigen Zahlen nur das eine, dass den fetten Thieren ein erhöhter Fettgehalt im Blute zukommt [2]); für den Einfluss der Nahrung auf den Fettgehalt des Blutes kann ich

1) Der Muskel enthält frisch 10,68 % und trocken 37,28 % Fett.

2) Im Blutplasma fand Röhrig nach fettreicher Nahrung 1,25 %, nach mehrtägigem Fasten 0,5 bis 0,7 % Fett. (Ber. d. sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. 26 S. 1. 1874.)

keine Angaben machen, weil alle diese Thiere sich in theils kurzem, theils längerem Hungerzustande befanden.

8. Wassergehalt der fetten und mageren Thiere.

Zum Schlusse möge hier noch eine kurze Besprechung des Verhältnisses zwischen Fett- und Wassergehalt der Organe und des ganzen Körpers Platz finden.

Im Körper befindet sich ausser in den Flüssigkeiten des Blutes und der Lymphe noch eine sehr grosse Menge Wassers, von allen Organen imbibirt. Diese Wassermenge kann durch gesteigerte Zufuhr wie durch verminderte Abgabe eine Vermehrung erfahren, kann aber auch umgekehrt durch Beförderung der Abgabe und Verminderung der Zufuhr bis zu einer gewissen Grenze geringer werden.

Wenn ein Körper in seinen Organen reichlich Fett enthält, so beobachtet man constant eine Abnahme des procentischen Wassergehaltes, und die Landwirthe scheinen anzunehmen, dass ihre Mastthiere in dem Grade als sie an Fett zunehmen, an Wasser verarmen.

Schulze und Reinecke fanden[1]):

	Wasser	Fett
im Fettgewebe des Ochsen	9,96 %	88,88 %
„ „ „ Hammel	10,84 %	87,88 %
„ „ „ Schwein	6,44 %	92,21 %

Ob es sich aber hier nur um eine durch die Fettablagerung hervorgerufene procentische Wasserverarmung oder auch um eine absolute, d. h. um eine Verdrängung von Wasser aus den Organen handelt, ist noch nicht sicher entschieden. Was den Einfluss der Wasseraufnahme auf den Fettansatz und die Mastung bei Thieren betrifft, so glauben die meisten, dass bei einer geringeren Wasseraufnahme leichter und reichlicher Fett sich ablagert.

Wenn die Fettzelle bei der Aufnahme des Fettes entsprechend an Plasma verliert, also das Volum der Zelle und die Zusammensetzung des noch eingeschlossenen Plasmas sich dabei nicht ändert, dann muss der absolute und relative Gehalt der fetthaltigen Zelle an Wasser abnehmen; nach Abzug des aufgenommmenen Fettes wird der absolute Gehalt der Zelle an Wasser geringer sein, der relative aber

1) Voit, Lehrbuch des Gesammtstoffwechsels etc. S. 404.

unverändert bleiben. Nimmt dagegen die Zelle bei dem Eintreten des Fettes an Plasma nicht ab, dann wird ihr Wassergehalt nach Abzug des Fettes weder absolut noch relativ geändert sein. Ja es kann sogar nach Abzug des Fettes eine Zunahme des relativen Wassergehaltes erfolgen, wenn das restirende Plasma reicher an Wasser und ärmer an festen Theilen geworden ist; das Umgekehrte, d. i. eine relative Abnahme des Wassergehaltes wird eintreten, wenn das restirende Plasma an Wasser eingebüsst hat und reicher an festen Bestandtheilen geworden ist.

Um diese Frage zu beantworten, habe ich die folgende Tabelle angelegt.

		% Wasser im frischen	% Fett im frischen	% Wasser im fettfreien
Herz.	1. fetter Hund	74,55	8,79	81,74
	2. „ „ . . .	76,79	5,77	81,49
	magerer „	74,27	5,64	78,71
	fettes Kaninchen . . .	71,58	7,76	77,61
	mageres „ . . .	78,02	5,65	82,69
	1. fette Henne	64,85	21,42	82,53
	2. „ „ . . .	74,44	8,41	81,82
	magere „	68,52	12,22	78,06
Leber.	1. fetter Hund	70,91	4,34	74,13
	2. „ „	72,15	6,13	76,87
	magerer „	67,51	2,68	69,37
	fettes Kaninchen . . .	76,39	2,80	78,59
	mageres „ . . .	68,80	10,24	76,65
	1. fette Henne	69,64	11,24	78,46
	2. „ „	68,93	7,97	74,89
	magere „	71,69	3,06	73,95
Muskel.	1. fetter Hund	68,24	10,93	76,61
	2. „ „	68,70	11,03	77,22
	magerer „	72,89	2,50	74,76
	fettes Kaninchen . . .	72,15	4,41	75,48
	mageres „ . . .	73,14	3,52	75,81
	1. fette Henne	73,53	4,99	77,40
	2. „ „	72,90	3,92	75,87
	magere „	72,44	3,97	75,43

		% Wasser im frischen	% Fett im frischen	% Wasser im fettfreien
Knochen.	1. fetter Hund . .	37,95	8,91	41,66
	2. „ „ . .	47,27	8,10	51,44
	magerer „ . .	42,09	8,87	46,18
	fettes Kaninchen .	42,18	9,76	46,74
	mageres „ .	41,24	9,40	45,52
	1. fette Henne . .	—	—	—
	2. „ „ . .	38,29	13,19	44,12
	magere „ . .	43,21	3,69	44,86
intermuskuläres Bindegewebe.	1. fetter Hund . .	18,38	75,24	74.23
	2. „ „ . .	3[illegible],33	56,48	76,58
	magerer „ . .	35,28	49,78	70,26
	fettes Kaninchen .	28,21	61,85	73,95
	mageres „ . .	34,54	54,10	75,26
	1. fette Henne . .	36,00	51,11	73,64
	2. „ „ . .	28,07	60,62	71,28
	magere „ . .	—	—	—
Bauchhöhle.	1. fetter Hund . .	47,84	41,89	82,34
	2. „ „ . .	64,39	23,03	83,65
	magerer „ . .	53,81	32,11	79,25
	fettes Kaninchen .	41,46	51,88	86,15
	mageres „ .	62,89	25,31	84,20
	1 fette Henne . .	10,85	87,11	84,22
	2. „ „ . .	16,86	78,92	79,98
	magere „ . .	75,69	8,72	82,93
Haut.	1. fetter Hund . .	40,15	21,59	51,21
	2. „ „ . .	38,20	28,03	53,07
	magerer „ . .	49,34	7,30	53,23
	fettes Kaninchen .	60,16	2,63	62,56
	mageres „ . .	57,78	1,18	58,89
	1. fette Henne . .	—	—	—
	2. „ „ . .	—	—	—
	magere „ . .	—	—	—
Unterhautbindegewebe.	1. fetter Hund . .	17,34	76,85	76,21
	2. „ „ . .	22,77	70,50	77,19
	magerer „ . .	26,40	62,89	71,14

		% Wasser im frischen	% Fett im frischen	% Wasser im fettfreien
	fettes Kaninchen . .	24,29	67,43	74,59
	mageres „ . .	35,61	51,31	73,14
	1. fette Henne . . .	47,72	44,49	85,97
	2. „ „ . . .	31,26	56,86	72,47
	magere „ . . .	56,75	18,38	69,53
Rest.	1. fetter Hund . . .	72,52	6,08	77,21
	2. „ „ . . .	77,12	6,57	82,54
	magerer „ . . .	74,89	3,40	77,55
	fettes Kaninchen . .	76,19	5,44	80,57
	mageres „ . .	73,36	8,41	80,11
	1. fette Henne . . .	74,93	6,34	80,01
	2. „ „ . . .	75,36	7,43	81,41
	magere „ . . .	78,14	3,90	81,31
Gesammtkörper.	1. fetter Hund . . .	53,5	22,6	69,2
	2. „ „ . . .	57,0	18,7	70,1
	magerer „ . . .	61,9	9,4	68,4
	fettes Kaninchen . .	60,3	15,7	71,6
	mageres „ . . .	63,5	8,6	69,5
	1. fette Henne . . .	53,7	28,0	74,6
	2. „ „ . . .	52,3	27,5	72,3
	magere „ . . .	65,2	5,4	68,9

Man erkennt aus diesen Zahlen, dass der Wassergehalt der Organe bei Einlagerung von Fett nur scheinbar abnimmt, in Wirklichkeit jedoch sich nicht vermindert, sondern eher zunimmt.

In der That ist ersichtlich, dass die fetten Thiere im frischen, wasser- und fetthaltigen Zustand betrachtet allerdings eine Procentverminderung ihres Wassergehaltes erfahren, dass dagegen nach Abzug des Fettes der Wassergehalt des Körpers procentisch zumeist wenn auch nicht erheblich gesteigert ist. Absolut kann sonach ein fettes Thier nicht nur fett-, sondern auch möglicherweise wasserreicher werden, d. h. mit der stärkeren Verfettung kann auch eine Verwässerung verknüpft sein.

In gewissen Organen ergeben sich Ausnahmen von der Regel, so bei den Knochen sämmtlicher Thiere, von denen ja eine Wasser-

aufnahme gar nicht zu erwarten war; dann aber auch beim fetten Kaninchen, das in Leber, Herz, Muskeln, Rest und intermuskulärem Bindegewebe mit der Fettzunahme eine Wasserabnahme aufweist, in den übrigen Theilen, vor allem den Fettdepots, Bauchhöhle und Unterhautbindegewebe, dagegen eine Wasserzunahme. Das Thier wurde mit ungenügender Wassermenge, von der es nur einen Theil aufnahm, gefüttert, konnte somit nur in den hauptsächlich Fett ansetzenden Organen auch Wasser ansetzen.

Sonst findet sich überall neben geringgradigen Schwankungen eine constante procentische Wasserzunahme aller Organe fetter Thiere. Wodurch diese Zunahme bedingt ist, ist nicht erklärlich. Es müssen die Organe, wenn viel Fett in ihnen abgelagert wird, relativ mehr Wasser zurückhalten oder es muss das restirende Plasma an den übrigen festen Theilen ärmer werden.

Nach Zahlen von Professor W. Henneberg in Göttingen, die gelegentlich seiner Versuche „Ueber Fleisch- und Fettproduction in verschiedenem Alter und bei verschiedener Ernährung [1]" erhalten wurden, habe ich folgende für den vorliegenden Zweck des Nachweises des Fettgehaltes ganzer Thiere und einzelner Theile geeignete Werthe berechnet.

Thiere	Ganzer Körper	Nierenfett und loser Talg	Vier Viertel minus Knochen
	% Fett im frischen Zustande	% Fett im frischen Zustande	% Fett im frischen Zustande
(A I) fast fleischiger Hammel	15,1	92,37	20,32
(A II) fetter Hammel	31,8	88,32	40,79
(A III) sehr fetter Hammel	36,7	92,77	43,24
(B I) mageres Lamm	7,5	86,87	10,88
(B II) fleischiger Jährling	22,9	89,02	27,93
(B III) fetter Jährling	30,7	92,15	35,59
(B V) fleischiger und fetter Hammel	37,6	93,21	45,57
(B IV) sehr fetter Hammel	43,2	92,36	51,42
(B VI) noch fetterer Hammel	45,2	93,77	50,42

1) Zeitschrift f. Biol. Bd 17 S. 295 ff.

Zu diesen Zahlen muss ich bemerken:

Nierenfett und loser Talg entspricht so ziemlich dem, was ich unter Fett der Bauchhöhle begriffen habe, jedoch beträgt bei meinem Fett der Bauchhöhle die fettfreie trockene Substanz etwas mehr, weil ich demselben den Darm beigefügt habe. In Folge dessen erscheint der procentische Fettgehalt der Bauchhöhle in meinen Tabellen fast durchaus etwas niedriger.

Da sich Henneberg, dem es hauptsächlich darauf ankam, im Interesse der Landwirthschaft positive Zahlen über das Verhältniss zwischen Fett und Fleisch in Fleischstücken, wie sie uns zur Nahrung dienen, zu ermitteln, ausschliesslich auf den Nachweis dieser Verhältnisse beschränkte, fehlen für die meisten übrigen Körpertheile entsprechende Bestimmungen. Aus dem gleichen Grunde war auch die Trennung in Muskeln, intermuskulärem Bindegewebe und Unterhautbindegewebe unnöthig. Jedoch konnte ich aus den vorliegenden Tabellen wenigstens den Fettgehalt der Summe dieser drei Theile berechnen.

Ich entnehme der obigen Zusammenstellung Folgendes. Der Fettgehalt der Bauchhöhle ist auch bei den weniger fetten Thieren sehr ansehnlich und zeigt selbst bei den fettesten Thieren nur mehr geringen Zuwachs. Dagegen schwankt der Fettgehalt in den Fleischstücken sehr bedeutend je nach dem allgemeinen Fettgehalte des Körpers und zeigt auch bei schon sehr fetten Thieren noch immer eine beträchtliche Mehrung. Auch bei den Thieren, die durch die Mästung vorzüglich einen Fleischansatz erfahren sollten, ist eine ziemliche Ablagerung von Fett nebenher gegangen.

Bemerkenswerth ist der Gesammtfettgehalt des Thieres, der bei längerer Mast eine ganz enorme Grösse erreichen kann (bis 45,2 %, also fast die Hälfte des Körpergewichtes). Der Fettgehalt des Thieres steigt im Anfang der Mast viel rascher an als in den späteren Perioden und scheint, da die Mast solange fortgesetzt wurde, bis eine Gewichtszunahme nicht mehr constatirt werden konnte, mit dem höchsten Gehalt zugleich auch seinen Grenzwerth erreicht zu haben.

Aehnliche Untersuchungen wurden von Lawes und Gilbert[1])

1) Experimental inquiry into the composition of some of the animals fed and slaughtered as human food from the Philosophical Transactions part II p. 493 ff. 1859.



angestellt. Sie bestimmten an 10 Thieren sowohl den Fett- und Fleischgehalt als auch den Wassergehalt in den Fleischstücken und Eingeweiden, und zwar einmal in den knochenhaltigen vier Vierteln einschliesslich der Nieren und des Nierenfettes (Carcass), dann noch in den übrigen Theilen: Eingeweide, Kopf, Haut, Beine etc. (Offal). Ich entnehme ihren Mittheilungen folgende Tabelle:

Thiere	% Fettgehalt im frischen Zustande			% Wassergehalt		
	Vier Viertel (Carcass)	(Offal) Eingeweide	Gesammtkörper	Vier Viertel (Carcass)	(Offal) Eingeweide	Gesammtkörper
fettes Kalb . . .	16,6	14,6	14,8	62,3	64,9	63,0
halbfetter Ochs	22,6	15,7	19,1	54,0	59,6	51,5
fetter Ochs . . .	34,8	26,3	30,1	45,6	52,8	45,5
fettes Lamm . .	36,9	20,1	28,5	48,6	58,5	47,8
mageres Schaf .	23,8	16,1	18,7	57,3	63,7	57,3
halbfettes Schaf	31,3	18,5	23,5	49,7	61,1	50,2
fettes Schaf . .	45,4	26,4	35,6	39,7	55,2	43,4
sehr fettes Schaf	55,1	34,5	45,8	33,0	45,1	35,2
mageres Schwein	28,1	15,0	23,3	55,3	67,9	55,1
fettes Schwein .	49,6	22,8	42,2	38,6	59,4	41,3

Ich werde auf diese Tabelle gelegentlich der Besprechung des Verhältnisses zwischen Fett- und Wassergehalt noch zurückkommen.

Aus den Arbeiten von Kern und Wattenberg[1]) „über den Verlauf und die Zusammensetzung der Körpergewichtszunahme bei der Aufzucht und Mastung von Hammellämmern“ konnte ich folgende Zahlen gewinnen.

Thiere		% Fettgehalt (frisch)				% Wassergehalt
		sichtbares Fett der Fleischstücke[2])	Netzfett (loser Talg)	Nierenfett	Muskel	Muskel (fettfrei)
Abtheilung II (stärker gefüttert)	Hammel Nr. 9 Mast von 203 Tg.	80,65	93,47	93,02	16,42	80,21
	Nr. 6 Mast von 336 Tg.	84,42	91,84	93,01	28,43	79,17

1) Journal für Landwirthschaft 28. Jahrg. 1880 S. 289 ff.
2) = meinem intermuskulären und Unterhautbindegewebe.

Thiere		% Fettgehalt (frisch)				% Wassergehalt
		sichtbares Fett der Fleischstücke[1])	Netzfett (loser Talg)	Nierenfett	Muskel	Muskel (fettfrei)
Abtheilung I	Hammel Nr. 5 Mast von 189 Tg.	78,39	91,15	91,97	15,53	80,40
	Nr. 4 Mast von 463 Tg.	90,78	92,22	94,68	22,6	79,40
	Nr. 3 Mast von 637 Tg	83,79	93,23	95,80	20,70	78,60
magere Lämmer Nr. 11, 12 Mittelwerth		—	—	—	14,52	81,10

	% Wassergehalt im fettfreien Organ		
Nr. 9	69,19	76,10	71,06
Nr. 6	69,67	76,72	81,40
Nr. 5	71,35	75,80	73,23
Nr. 4	50,20	66,45	66,54
Nr. 3	76,57	71,79	58,57

Aus den Reihen über den Fettgehalt ist ersichtlich, dass das Fettreservoir im Unterhautbindegewebe und intermuskulären Bindegewebe im Allgemeinen nicht so viel Fett procentisch aufzunehmen vermag, als das in der Bauchhöhle bestehende Fettdepot. Es würde dieser Befund mit meiner bereits oben niedergelegten Ansicht übereinstimmen. Des Weiteren ist ersichtlich, dass bei dem höchsten Grade der Fettaufspeicherung im Körper der procentische Fettreichthum der Depots nicht mehr wesentlich gesteigert wird, dass dagegen der Fettgehalt der übrigen Organe (hier allerdings nur der Muskeln bedeutend zunimmt.

Unter den verschiedenen Muskelgruppen scheint hinwiederum die Neigung zur Fettaufnahme ziemlich verschieden, wie folgende Tabelle erkennen lässt (derselben Arbeit entnommen).

Hammel Nr. 6.

	100 g von dem sichtbaren Fett befreiten Fleisches enthalten Fett:
Hals	35,04 g
Brust	31,94 g

1) = meinem intermuskulären und Unterhautbindegewebe.

	100 g von dem sichtbaren Fett befreiten Fleisches enthalten Fett:
Lappen	30,22 g
Blatt	19,38 g
Carbonade	30,73 g
Carré	31,35 g
Keule	20,33 g

Hammel Nr. 9.

Hals	13,84 g
Brust	16,56 g
Lappen (Flanke)	24,10 g
Blatt (Vorderkeule)	20,26 g
Carbonade [1])	17,58 g
Carré [2])	7,23 g
Keule	15,39 g

Was das Verhältniss vom Fett- zum Wassergehalt im frischen Organ und im ganzen Thier anlangt, so scheinen mir die Zahlen der genannten Autoren einzelne Abweichungen von meinen Resultaten zu bieten. Doch dürfen diese Unterschiede zum Theil darauf zurückgehen, dass ihre Untersuchungen weniger detaillirt waren, zum Theil an jungen, noch nicht erwachsenen Thieren vorgenommen wurden, deren Organe noch reichlich an Eiweissgehalt zunahmen. Die bezüglichen Bestimmungen von Lawes und Gilbert ergaben Folgendes:

Thiere	% Wassergehalt		
	Vier Viertel (fettfrei)	Eingeweide (fettfrei)	Gesammtkörper (fettfrei)
fettes Kalb	74,70	76,00	73,94
halbfetter Ochs	69,77	70,70	63,66
fetter Ochs	69,94	71,64	65,09
fettes Lamm	77,02	73,34	66.85
mageres Schaf	75,20	75,92	70,48
halbfettes Schaf	72,35	74,97	65,62
fettes Schaf	72,89	75,00	67,39
sehr fettes Schaf	73,50	68,86	64,94
mageres Schwein	76,91	79,88	71,84
fettes Schwein	76,59	76,94	71,45

1) Die sechs ersten Rückenwirbel mit $^1/_3$ der zugehörigen Rippen nebst der anliegenden Muskeln.

2) Die übrigen Wirbel bis zum vorletzten Lendenwirbel.

Nach diesen Resultaten enthalten die vier Viertel und die Eingeweide mit wenig Ausnahme auch im fettfreien Zustand procentisch um so weniger Wasser, je fettreicher sie ursprünglich sind, während ich dabei zumeist eine geringe Vermehrung des Wassergehaltes gefunden habe. Ebenso verhält sich dann auch der ganze Körper.

Immerhin aber enthalten die verschiedenen Fettdepots in demselben Individuum etwas mehr Wasser, wenn sie fettreicher sind. Leider fehlen für alle andern Körpertheile Angaben, so dass ein Vergleich mit meinen Zahlen unmöglich ist.

Jedenfalls erweisen diese Zahlen, dass im frischen fetthaltigen Organ die Procentzunahme an Fett gefolgt ist von einer Procentabnahme an Wasser, dass aber im frischen fettfreien Organ bei Fettzuwachs der Wassergehalt ziemlich gleich bleibt oder nur wenig vermindert erscheint.

Letztere Ansicht hat auch schon Ohlmüller[1]) ausgesprochen. In seiner Untersuchung über „die Abnahme der einzelnen Organe bei an Atrophie gestorbenen Kindern“ erwähnt er die scheinbare Procentzunahme an Wasser in den Organen abgemagerter Kinder gegenüber fetten, legt dann aber dar, dass diese Zunahme bei den fetten auch vorhanden ist, wenn man den Wassergehalt im fettfreien Organ berechnet und endet mit den Worten: Man sieht daraus abermals, dass die Einlagerung von Fett zum grössten Theil nur relativ die Menge des Wassers erniedrigt und eine Verdrängung des Wassers höchstens nur in extremen Fällen vorkommt.

Perls, der aus der scheinbaren Abnahme des Wassers in fetten Organen ein Merkmal für die Unterscheidung einer Fettinfiltration oder Fettdegeneration (hierbei tritt das Fett an die Stelle eines Theils der zu Grunde gegangenen festen Stoffe, der Wassergehalt wird somit nicht alterirt) aufgestellt hat, denkt bei der Fettinfiltration auch an eine Verdrängung von Wasser, während in Wahrheit die Zusammensetzung des übrigen fettfreien Organs sich nicht wesentlich ändert. Wohl aber könnte dabei eine Verdrängung von Plasma aus der Zelle stattfinden und doch procentisch der Wassergehalt der fettfreien Zelle der gleiche bleiben.

---

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 18 S. 92.

R. v. Hösslin[1]), der letzteres erwähnt, bemerkt dazu: „Es ist schon seit längerer Zeit bekannt, dass die Fettablagerung in den Geweben auf den Wassergehalt derselben einen grossen Einfluss ausübt; die Organe gemästeter Thiere enthalten um so weniger Wasser, je fettreicher dieselben sind. Dabei handelt es sich nach Voit zum Theil allerdings um eine Verdrängung von Wasser durch Fett, hauptsächlich aber um eine Anlagerung wasserfreien Fettes in den Geweben, so dass nach Abzug des letzteren eine nahezu normale Wassermenge der Organe sich herausstellt."

Es ist also das Verhältniss von Fett und Wasser, wie ich es für die meisten Körpertheile genau ermittelt habe, im Allgemeinen schon früheren Forschern bekannt gewesen.

1) Ueber den Wasser- und Fettgehalt der Organe bei verschiedenen pathologischen Zuständen. Inauguraldissertation S. 3 u. 4. München 1881.

Zur Kenntniss der Albumosen.

Von

Dr. R. Neumeister.

Nachdem von Kühne und Chittenden[1]) die bei der peptischen Verdauung des Fibrins sich bildenden Albumosen differenzirt und näher untersucht wurden, liegt die Frage vor, ob diese verschiedenen Producte sämmtlich durch Spaltung des Fibrinmoleküls entstehen, und demnach bei weiterer hydrolytischer Einwirkung direct zu Peptonen werden, oder ob ein Theil derselben, da ja ihre gleich gefundene procentische Zusammensetzung einen verschiedenen Grad der Hydratation ausschliesst, vielleicht als während des digestiven Processes successiv aus einander entstehende Isomere aufzufassen seien.

Ist letzteres der Fall, so muss wenigstens eine der bekannten Modificationen, welche als Protalbumose, Deuteroalbumose und Heteroalbumose bezeichnet sind, sich in eine andere durch geeignete Einwirkung überführen lassen.

Von der Dysalbumose, als mit den soeben angeführten Körpern in dieser Hinsicht, wie schon Kühne und Chittenden bemerkten, wohl nicht gleichwerthig, ist hierbei zunächst abgesehen, da sie so leicht in Heteroalbumose wie letztere in Dysalbumose umgesetzt wird, dass wohl mehr ein physikalischer als chemischer Unterschied zwischen beiden festzustellen ist.

Um den Beweis einer stattgefundenen Umwandlung im angedeuteten Sinne zu führen, bedarf es zunächst einer Methode, die verschiedenen Albumosen von einander zu isoliren und weiter müsste es möglich sein, in ihren Gemischen die Gegenwart jeder der einzelnen Modificationen mit Sicherheit nachzuweisen, zwei Voraussetzungen, die ersichtlich in eine einzige zusammenfallen.

---

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 20 S. 11.

Bekanntlich ist die Prot- und Deuteroalbumose durch ihre Löslichkeit, die Heteroalbumose dagegen durch ihre Unlöslichkeit in salzfreiem Wasser ausgezeichnet. Während aber die Heteroalbumose fast vollständig, die Protalbumose wenigstens theilweise durch Sättigung ihrer neutralen Lösungen mit Kochsalz sich ausscheiden, bedarf es zur Fällung der Deuteroalbumose durch Chlornatrium noch des gleichzeitigen Ansäuerns.

Dem entsprechend ist der Nachweis der Heteroalbumose in Gemischen, als auch ihre vollständige Trennung von den beiden in reinem Wasser löslichen Albumosen durch Dialyse leicht zu bewerkstelligen. Ebenso bietet auch die Protalbumose nach dieser Richtung keine Schwierigkeit.

Dagegen war bisher eine Methode, die Deuteroalbumose, wenn dieselbe neben Protalbumose vorkommt, unter allen Umständen rein abzuscheiden und welche es zugleich ermöglichte, die Gegenwart der ersteren mit Bestimmtheit festzustellen, nicht vorhanden.

Kühne und Chittenden haben bereits auf diese Schwierigkeit hingewiesen, indem sie angeben, dass ihnen die Reindarstellung der Deuteroalbumose nur gelungen sei durch „die eigenthümliche Vermengung der Protalbumose mit Hetero- und Dysalbumose, die sich in dem Witte'schen Präparate findet". Indem dies „die Ursache sei des anfänglichen vollständigen Ungelöstbleibens der Protalbumose, wenn man das Pulver unmittelbar mit festem Chlornatrium und gesättigter Salzlösung behandelt hat, so dass dann die Deuteroalbumose von vornherein frei von dem hartnäckigen Begleiter in Lösung geht".

Und in der That mit einer anderen Sendung des Witte'schen Präparats, welches in seiner Zusammensetzung sehr wechselnd ist, wie ich noch weiter auszuführen habe, gelang mir diese Isolirung der Deuteroalbumose auf dem vorgeschriebenen Wege nicht wieder, indem dieselbe stets mit dem erst beim Ansäuern ausfallenden Theil der Protalbumose vermischt gewonnen wurde, was sich durch eine Fällung kund gab, wenn man die neutrale Auflösung des erhaltenen Niederschlags mit Steinsalz sättigte.

Das saure Filtrat von den Albumose-Fällungen, dessen meist vorhandene Trübung eine Filtration über Kohlepulver vollständig

entfernt, enthält, wie schon von Wenz[1]) mitgetheilt wurde, stets noch erhebliche Albumosenmengen, denn ebenso wenig wie die Protalbumose aus neutraler, lässt sich die Deuteroalbumose aus saurer Lösung durch Steinsalz-Sättigung vollständig ausscheiden. Auch bei sorgfältigster Vermeidung überschüssiger Säure erhält man immer starke Albumosen-Reactionen in der von dem Deuteroalbumose-Niederschlag geschiedenen Flüssigkeit.

Da mir ferner die durch denselben Autor gefundene Thatsache bekannt war, dass aus schwach alkalischen, neutralen oder schwach sauren Lösungen alle Albumosen durch Sättigung mit Ammoniumsulphat vollständig gefällt werden, wandte ich dieses Verfahren an, um den durch Steinsalz unfällbaren Antheil der Deuteroalbumose zu gewinnen.

Versetzt man eine gesättigte Chlornatriumlösung mit überschüssigem Ammoniumsulphat in Substanz, so findet eine theilweise Umsetzung zu Natriumsulphat statt, welches Salz in der Flüssigkeit suspendirt einen Albumoseniederschlag vortäuschen oder doch einem solchen sich leicht beimengen kann.

Ich entfernte daher aus dem neutralisirten Filtrate von der Deuteroalbumose die grösste Menge des Kochsalzes zunächst durch Eindampfen und Auskrystallisiren, dann vollständig durch Dialyse, sättigte die Lösung mit Ammoniumsulphat und sammelte den erhaltenen Niederschlag, um ihn nach dem Auflösen in Wasser und nochmaliger Dialyse bis zum Verschwinden der Sulphatreaction stark einzudampfen und mit Alkohol zu fällen.

Die so erhaltene Deuteroalbumose ist vollkommen rein von Protalbumose; ihre wässrige Auflösung bleibt durch Sättigung mit Chlornatrium durchaus klar, bei gleichzeitigem Ansäuern dagegen wird sie nur theilweise gefällt, indem annähernd die Hälfte in Lösung bleibt und nur durch Ammoniumsulphat in Substanz niedergeschlagen wird.

Kupfersulphat trübt selbst concentrirte Lösungen der reinen Deuteroalbumose nicht, während Beimengungen von Protalbumose

1) Siehe dessen Preisarbeit der med. Fac. der Univ. Heidelberg, Zeitschr. f. Biol. Bd. 22 S. 1 und W. Kühne, Verhandl. des naturhist. med. Vereins zu Heidelberg Bd. 3 S. 286.

noch in 5000 Theilen Flüssigkeit als voluminöser Niederschlag, in 10000 Theilen noch als eine deutliche Trübung sich zu erkennen geben.

Die Reaction gegen Kupferlösung muss als eine ganz besonders empfindliche für die Anwesenheit von Protalbumose gelten, da sie noch stark eintritt, wo die Sättigung der neutralen Lösung mit Chlornatrium keine Trübung mehr erzeugt, was bereits in einer Verdünnung von 1 : 2000 der Fall ist. Ein Präparat von Deuteroalbumose, welches Kühne und Chittenden darstellten und von dem mir eine Probe zur Verfügung stand, wurde durch Kupfersulphat getrübt, war also nicht vollständig frei von Protalbumose.

Sidney Martin[1]) erhielt bei der Analyse von Darby's Fleischsolution, sich an die widerlegte Heynsius'sche Angabe haltend, durch Sättigung mit Ammoniumsulphat ausser etwa vorhandenen Eiweisskörpern die gesammten Albumosen, aber keineswegs die Peptone wie er angibt, als Ausscheidung. In einem durch Kochen mit Ferriacetat nicht wieder gefällten Antheil des in Wasser aufgenommenen Niederschlags fand er keine Deuteroalbumose, was durch das Klarbleiben der Lösung beim Zusatz von Kupfersulphat sowie nach Sättigung derselben mit Steinsalz bei gleichzeitigem Ansäuern begründet wird.

Dem entgegen erhellt nunmehr, wie das Ausbleiben eines Niederschlags nach dem Zusatz von Kupfersulphat die Abwesenheit von Deuteroalbumose in einer Lösung nicht beweisen kann. Was aber das Klarbleiben der angesäuerten Lösung nach Sättigung mit Steinsalz anbelangt, so schliesst dieser Umstand die Anwesenheit von Deuteroalbumose nicht gänzlich aus, da die hierdurch bewirkte Fällung derselben bekanntlich immer unvollständig ist und bereits in einer Verdünnung von 1 : 400 überhaupt gänzlich ausbleibt.

Es ist ersichtlich, dass das oben angegebene Verfahren zweckmässig zur Isolirung eines Theils der vorhandenen Deuteroalbumose dienen kann und zwar für alle Fälle, namentlich auch für Verdauungslösungen, welche neben den Albumosen Peptone enthalten, indem letztere durch Ammoniumsulphat nicht gefällt und so durch

1) Proceedings of the Physiological Society 1886 Nr. 1, und The Journal of Physiology vol. VII no. 2 p. VI.

Auswaschen mit einer gesättigten Lösung dieses Salzes von dem Deuteroalbumoseniederschlag getrennt werden.

Um eine theilweise Wiederauflösung der gefällten Protalbumose durch einen Ueberschuss von Säure zu vermeiden, empfiehlt es sich in folgender Weise vorzugehen:

Nachdem die schwach angesäuerte Lösung des Albumosegemisches durch Sättigung mit Ammoniumsulphat von den Peptonen getrennt ist, wird das Salz ausdialysirt und die neutrale Lösung mit Steinsalz gesättigt. Der hierdurch entstehende Niederschlag wird entfernt und entsprechend weiter behandelt.

Die Flüssigkeit ist nunmehr mit soviel salzgesättigter Essigsäure zu versetzen, dass eine durch ein trocknes Filter entnommene Probe nach dem Neutralisiren beim Zusatz von wenig Kupfersulphat vollkommen klar bleibt.

Dies findet bereits statt, wenn durch weiteres Ansäuern in der Hauptmenge die schon bestehende Albumoseausscheidung noch vermehrt wird.

Die noch in Lösung befindliche Deuteroalbumose wird schliesslich vom Niederschlag getrennt, neutralisirt und durch Dialyse von den Salzen befreit.

Entsprechend ist das Verfahren, wenn es sich darum handelt, in einer Lösung Deuteroalbumose nachzuweisen.

Reine Protalbumose durch Steinsalz partiell gefällt, wird durch salzgesättigte Essigsäure vollständig ausgeschieden, wenn man sorgfältig jeden Ueberschuss der letzteren vermeidet. Die vom Niederschlage getrennte und dialysirte Flüssigkeit kann daher durch Sättigung mit Ammoniumsulphat keine Trübung erfahren. Ist dagegen neben der Protalbumose Deuteroalbumose vorhanden, so wird, wie oben angegeben, letztere durch Steinsalz und Essigsäure nur theilweise gefällt, und man erhält daher den noch in Lösung befindlichen Antheil, wenn man entsprechend verfährt, durch Ammoniumsulphat als Ausscheidung.

Unter Anwendung der beschriebenen Methode untersuchte ich zunächst das Verhalten der Protalbumose nach dem Kochen mit 5 proc. Schwefelsäure, ein Verfahren, welches nach angestellten Versuchen für die Entscheidung der vorliegenden Frage geeignet schien.

Man kocht zweckmässig stark verdünnte Lösungen, etwa 5g auf 100ccm Flüssigkeit, drei Viertelstunden, worauf eine Probe nach Sättigung mit Ammoniumsulphat im Filtrat die Peptonreactionen gibt. Die nach dem Neutralisiren mit Natronlauge erfolgende Dialyse bewirkte keine Trübung, auch blieb die Flüssigkeit durch Sättigung mit Steinsalz vollständig klar, woraus hervorging, dass einerseits Heteroalbumose nicht entstanden, andererseits Protalbumose verschwunden war. Dagegen gab sich die Anwesenheit von Deuteroalbumose zu erkennen durch starke Niederschläge beim Ansäuern sowohl der salzgesättigten Lösung, als auch durch die Sättigung mit Ammoniumsulphat.

Als ich das Sieden bereits nach einer halben Stunde und früher unterbrach, waren die Verhältnisse nur insofern andere, als dann noch mehr oder weniger Protalbumose, die Deuteroalbumose dagegen in geringerer Menge vorhanden war.

Aber nicht nur aus Protalbumose erhielt ich durch Kochen mit Schwefelsäure Deuteroalbumose, sondern auch aus Heteroalbumose, wobei ich sowohl das aus dem Witte'schen Präparat direct isolirte Material, als auch das durch Neutralisation von salzsaurer Dysalbumoselösung gewonnene und die Dysalbumose selbst verwandte.

Bemerkenswerth war hierbei, dass sich während des Kochens bald ein ziemlich reichlicher Niederschlag bildete, welcher allmählich wenigstens wieder zum Theil in Lösung ging und sich als Antialbumid ergab.

In den von dieser Ausscheidung befreiten und mit Natronlauge abgesättigten Lösungen erhält man bisweilen im Dialysor noch einen geringen Niederschlag von unveränderter Heteroalbumose und zwar auch aus ursprünglicher Dysalbumose.

Steinsalzsättigung ändert die klare Lösung nicht, dagegen scheidet sich beim Ansäuern ein starker Niederschlag von Deuteroalbumose aus.

Als ich schliesslich auch die Einwirkung der Verdauungsfermente auf die Prot- und Heteroalbumose sowie die Dysalbumose untersuchte, erhielt ich ganz die nämlichen Resultate wie beim Sieden mit Schwefelsäure.

Besonders auffallend zeigte sich die Umwandlung in Deuteroalbumose bei der Behandlung der Heteroalbumose mit Trypsin in

0,2proc. Sodalösung. Hier lässt sich durch zweckmässige Unterbrechung der Verdauung nach einigen Stunden ein Punkt finden, wo bei schon vorgeschrittener Peptonbildung die genau mit Salzsäure neutralisirte Lösung durch Steinsalzsättigung fast klar bleibt, dagegen die beim Ansäuern und weiter nach Ammoniumsulphatsättigung sich bildenden Niederschläge die Gegenwart von Deuteroalbumose beweisen.

Dass man bei der Einwirkung von Trypsin auf Heteroalbumose stets auch eine Abscheidung von Antialbumid erhält, ist bereits von Kühne und Chittenden mitgetheilt worden.

Dagegen gelingt es mit dem Trypsin nicht die Protalbumose, abgesehen von ganz geringen Mengen, in Deuteroalbumose überzuführen. Die Protalbumose liefert hierbei ferner zwar stets ein wenig Pepton, wird aber bei weitem zum grössten Theil anscheinend direct in Amidosäuren gespalten. Zu ihrer Umwandlung in Deuteroalbumose aber ist die peptische Verdauung geeignet.

Es erübrigte nunmehr in Erwägung zu ziehen, ob vielleicht dennoch ein Theil der Deuteroalbumose sich direct aus dem Fibrinmolekül neben der Prot- und Heteroalbumose abspaltet.

In diesem Falle musste sich bei der peptischen Verdauung wie bei der Einwirkung von Säure auch im ersten Stadium neben den beiden anderen Modificationen stets auch Deuteroalbumose nachweisen lassen.

Um diese Frage zu entscheiden, kochte ich Fibrin drei Viertelstunden mit 1proc. Schwefelsäure. Aus dem Filtrat wurde durch Absättigung der Säure mit Natronwasser das Acidalbumin entfernt. Wiewohl nunmehr aus der Flüssigkeit durch Steinsalz eine nicht unbedeutende Menge von Protalbumose und auch Heteroalbumose abgeschieden wurde, gelang es nicht einmal in Spuren Deuteroalbumose nachzuweisen, welche vielmehr erst bei längerem Sieden auftritt, um dann schliesslich zu überwiegen.

Ebenso gestalten sich die Verhältnisse, wenn man die Producte der peptischen Verdauung untersucht, sobald eine gewisse Menge des Fibrins in Lösung gegangen ist; auch hier findet man zunächst nur Prot- und Heteroalbumose.

Aus den angeführten Versuchen geht demnach hervor, dass die durch Pepsin oder Säureeinwirkung auf Fibrin zunächst entstehende Prot- und Heteroalbumose durch alle hydrolytischen Agentien, seien

es nun die Vedauungsfermente oder siedende Schwefelsäure, in Deuteroalbumose übergeführt werden und dass sich zwei Stadien der Albumosebildung unterscheiden lassen.

Es war bisher ein weiterer Abkömmling des Fibrins, nämlich das Antialbumid ausser Betracht gelassen worden, welches neben den beiden Albumosen des ersten Stadiums immer durch den hydrolytischen Process entsteht, aber auch indicirt aus der Heteroalbumose sich beim Kochen mit Schwefelsäure, wie vorher gezeigt wurde, sowie bei der tryptischen Einwirkung aus derselben sich abspaltet.

Um diesen Körper rein darzustellen, kochte ich eine grössere Portion Fibrin mit etwa der zehnfachen Menge 1 proc. Schwefelsäure zwei Stunden. Während die beim Erkalten zur Gallerte gestehende Flüssigkeit nicht filtrirbar ist, lässt sich nach dem Neutralisiren der grösste Theil des Flüssigen vom Niederschlage trennen.

Nachdem sich der letztere sodann in 1 proc. Soda durch Erwärmen bis fast zum Sieden einmal gelöst hatte, schied er sich nicht aus, wenn man nach dem Filtriren das Natriumcarbonat mit Salzsäure wieder soweit abstumpfte, dass die Flüssigkeit noch deutlich alkalisch war.

Zur Fällung wurde nunmehr die bekannte Reaction verwendet [1], in Folge deren eine auf 40° erwärmte Lösung des Antialbumids in verdünnter Soda dasselbe als Gerinnsel abscheidet, wenn man zur Flüssigkeit Trypsin gibt. Das auf dem Filter gesammelte Antialbumid wurde hierauf mit heisser Schwefelsäure von 1 % so lange ausgewaschen, bis im Filtrat weder Acidalbumin noch Albumosen sich durch Sättigung desselben mit Ammoniumsulphat nachweisen liessen.

In gleicher Weise wie früher wurde auch diese Substanz mit 5 proc. Schwefelsäure gekocht, doch ist hier, um weiter gehende Veränderung bereits gebildeter Albumosen zu verhindern, das Sieden zu unterbrechen, nachdem ein Theil des Körpers augenscheinlich in Lösung gegangen ist. Nach dem Abfiltriren der Flüssigkeit wird das Ungelöste von neuem mit Säure behandelt.

---

1) Kühne, Verhandl. des naturhist. med. Vereins zu Heidelberg N. F. Bd. 1 S. 237 und Kühne und Chittenden, Zeitschr. f. Biol. Bd. 19 S. 167.



Die Albumosen und Pepton enthaltenden Filtrate schliesslich vereinigt, werden mit Ammon neutralisirt, wobei die Flüssigkeit klar bleibt, eingedampft und mit Ammoniumsulphat vollends gesättigt.

Hierdurch wird lediglich eine Deuteroalbumose ausgeschieden, welche in ihrem Verhalten gegen die bekannten Reagentien in keiner Weise von der aus Prot- und Heteroalbumose hervorgehenden abweicht, namentlich auch durch Kupfersulphatlösung nicht getrübt wird. Doch enthält sie, wie vorauszusehen, nur den Anticomplex, ist also eine Antideuteroalbumose, denn durch Trypsin erleidet sie auch bei wochenlanger Einwirkung desselben keine Zersetzung und wird lediglich in Antipepton übergeführt.

Bei weiterem Kochen des Antialbumids mit Schwefelsäure lassen sich schliesslich aus der Flüssigkeit keine Albumosen mehr abscheiden und scheint der unlösliche Rückstand desselben nicht mehr verändert zu werden. Dieser dunkel gefärbte Rest ist auch in Soda und selbst in verdünnter Natronlauge bei längerem Kochen ganz unlöslich, gibt daher auch nicht mehr die Biuret- und übrigen Reactionen löslicher Eiweisskörper. Dagegen quillt er, ein helles Aussehen gewinnend, in heisser Natronlauge auf, um durch Zusatz von Säuren im Ueberschuss wieder zu schrumpfen. Seine Eiweissnatur gibt er zu erkennen durch sein Verhalten gegen Salpetersäure, welche beim Kochen Gelbfärbung erzeugt, die durch nachfolgende Uebersättigung mit Ammon noch intensiver wird. Ferner bewirkt er mit concentrirter Schwefelsäure überschichtet bei Zusatz von etwas Rohrzucker eine purpurrothe, mit Molybdänsäure haltiger Schwefelsäure übergossen eine intensiv blaue Färbung.

Auch Trypsin, sowie energisch einwirkende peptische Verdauung vermögen bekanntlich das Antialbumid in Antipepton überzuführen, indessen wurde unter diesen Umständen ein unveränderlicher Rückstand nicht beobachtet, welcher daher durch eine specifische Wirkung der Schwefelsäure sich zu bilden scheint.

Vielleicht ist diese Substanz als ein durch innere Anhydridbildung entstehendes Condensationsproduct aufzufassen, welches durch seine Unlöslichkeit zu den Keratinsubstanzen Beziehung gewinnt.

Es ist vorläufig nicht mit Sicherheit zu entscheiden, ob das Antialbumid als ein gleichwerthiges Spaltungsproduct des Fibrin-

moleküls neben der Prot- und Heteroalbumose zu betrachten sei, oder ob vielmehr seine mehr oder weniger reichliche Bildung von der Menge der entstehenden Heteroalbumose wechselseitig abhängt.

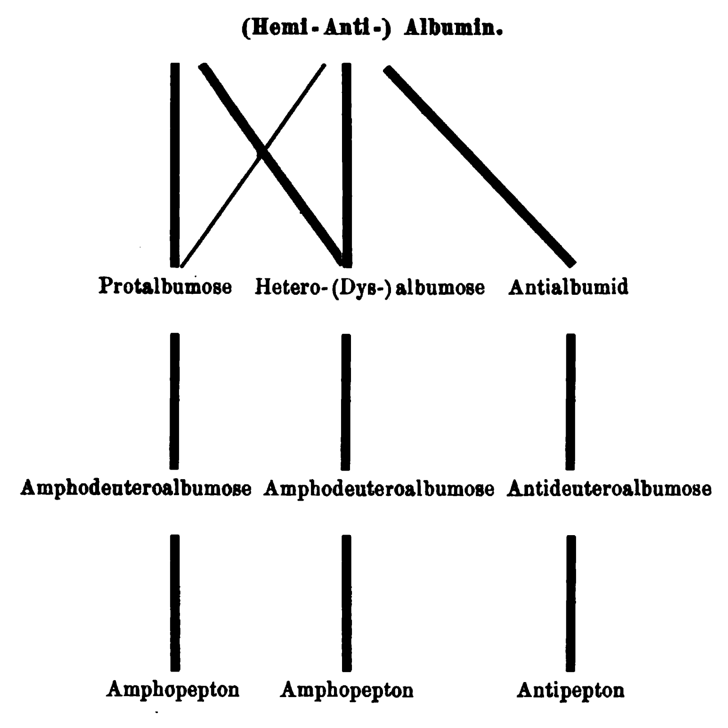
Für letztere Anschauung spricht der Umstand, dass beim Kochen des Fibrins mit Säuren nur bis zum ersten Stadium der Albumosebildung ausgedehnt, wo immer reichlich Antialbumid entsteht, die Heteroalbumose gegenüber der Protalbumose regelmässig zurücktritt. Zudem zeigt bekanntlich die Antigruppe der Heteroalbumose überhaupt eine Neigung sich von der Hemigruppe zu isoliren, was bei Ueberführung der letzteren in Deuteroalbumose, wenn sie nicht durch weitere Pepsinwirkung, sondern durch stärkere Agentien, wie kochende Schwefelsäure oder Trypsin, bewirkt wird, durch die Abspaltung des Antialbumids hervortritt.

Die mehrfachen Vorstufen der Deuteroalbumose sind für die Theorie der peptischen Verdauung insofern von Interesse, als hiernach als Muttersubstanzen der Deuteroalbumose Producte von verschieden digestiver Bedeutung erkannt werden.

Sie geht einmal hervor aus der Heteroalbumose, welche nach Kühne und Chittenden neben dem Hemicomplex vorwiegend die Antigruppe umfasst und ebenso aus der Protalbumose, welche hauptsächlich den Hemicomplex enthält, während die Antigruppe in ihr weit zurücktritt. Die hieraus entstehende Deuteroalbumose wäre demnach, mit Bezug auf das Amphopepton, welches direct aus ihr hervorgeht, als Amphodeuteroalbumose zu bezeichnen. Aber auch das Antialbumid, welches lediglich die Antigruppe repräsentirt, liefert bei intensiver Einwirkung eine Deuteroalbumose, wie gezeigt wurde, so dass demnach die Deuteroalbumose der peptischen Verdauung, falls das Antialbumid auch der Hydrolyse anheimfällt, als ein Gemisch von vorwiegend Amphodeuteroalbumose mit Antideuteroalbumose erscheint.

Dieses Deuteroalbumosengemisch ist in peptischen Verdauungslösungen, sobald der digestive Process weiter vorgeschritten und schon theilweise Peptonbildung erfolgt ist, vorwiegend vorhanden, allerdings häufig neben Dysalbumose, wenn es durch nicht bekannte Einflüsse zur Bildung derselben kommt, denn dieses Umwandlungsproduct der Heteroalbumose erscheint gegen die Hydratation besonders resistent.

Es würde sich nunmehr für die Albumosenbildung bei der peptischen Verdauung des Fibrins folgendes Schema ergeben:



Wenn ich in obiger Uebersicht der Protalbumose neben der Hemi- auch die Antigruppe zuertheile und dem entsprechend aus ihr Amphodeuteroalbumose entstehen lasse, so trage ich nur den bestehenden Verhältnissen Rechnung, wonach in der That durch die tryptische Verdauung auch bei langer Einwirkung dieselbe niemals vollständig in die Amidosäuren zerfällt und die Verdauungsflüssigkeit wegen restirenden Antipeptons immer die Biuretreaction gibt

Indessen sind die Mengen dieses Antipeptons sicher sehr gering und ist, wie auch im Schema angedeutet, die Antipruppe überhaupt nur in minimaler Menge in der Protalbumose nachweisbar, da bei ihrer tryptischen Verdauung nie mehr als Spuren abgeschiedenen Antialbumids beobachtet werden, so dass schon deshalb die Vermuthung nahe liegt, es handele sich hier um eine noch nicht beseitigte Verunreinigung der Protalbumose mit etwas Heteroalbumose.

Zu dem aber habe ich mich namentlich überzeugt, dass thatsächlich concentrirtere Lösungen von Protalbumose auch bei vollständiger Abwesenheit von Salz noch deutliche Mengen von Heteroalbumose aufzunehmen vermögen, wenn man dieselben stark erwärmt. Die Flüssigkeit wird hierdurch zunächst opalescirend, aber nach längerem Stehen im Wasserbade bei 40° wieder das frühere klare Ansehen gewinnend, scheidet sie hier die einmal gelöste Heteroalbumose nicht wieder ab.

Nachdem einmal eine Methode gefunden sein wird, die Protalbumose vollständig zu isoliren, ist es höchst wahrscheinlich, dass sie sich als eine reine Hemialbumose erweisen und demnach das Material zu einem reinen Hemipepton darstellen wird.

Bei dieser Voraussetzung würde sich aus den vorläufig complicirteren Verhältnissen der Albumosenbildung die einfache Thatsache ergeben, dass die beiden Atomcomplexe des Fibrins bei der Hydrolyse entweder combinirt bleiben als Amphoprotalbumose (der Heteroalbumose entsprechend) oder sich spalten und dann Hemiprotalbumose (der Protalbumose entsprechend) und das anhydritische Antialbumid bilden. Diese drei Producte liefern dann die entsprechenden Deuteroalbumosen und weiter die Peptone.

Als ich neuerdings eine Sendung des Witte'schen Präparats in Arbeit nahm, wurde meine Beobachtung, dass peptische Verdauungslösungen nach dem Verschwinden der Albumosen des ersten Stadiums vorwiegend Deuteroalbumose enthalten, durchaus bestätigt.

Um aus dem Pulver Heteroalbumose zu gewinnen, digerirte ich $^{1}/_{2}$ kg desselben mit zwei Litern 3 proc. Kochsalzlösung bei 30° während 24 Stunden, wobei fast alles in Lösung ging. In den Dialysorschläuchen setzte die Flüssigkeit einen mässigen Niederschlag ab, der im Gegentatz zum Verhalten der Heteroalbumose von pulveriger Beschaffenheit war und sich gut abfiltriren liess. Er bestand fast ganz aus Dysalbumose. Denn als ich ihn in Wasser zerrieben und damit bis zum Verschwinden der Biuretreaction ausgewaschen hatte, löste sich davon so wenig in 5 proc. Chlornatriumlösung, dass die Sättigung der letzteren mit Steinsalz nur eine ganz geringe Trübung von Heteroalbumose erzeugte. Der bei der Dialyse in

Lösung gebliebene Antheil verhielt sich dagegen im Allgemeinen wie Deuteroalbumose; Steinsalz erzeugte in der neutralen Flüssigkeit keine Trübung, Protalbumose fehlte hierin gänzlich.

Es war demnach in dem vorliegenden Präparate im Vergleich zu dem früher untersuchten der Verdauungsprocess weiter vorgeschritten, welche Thatsache sich auch durch die sehr deutlichen Peptonreactionen im Filtrat einer mit Ammoniumsulphat gesättigten Probe ankündigte.

Die Abwesenheit von Protalbumose bewiess auch das Verhalten eines wässrigen Auszuges des etwas salzhaltigen Präparates gegen Salpetersäure in der Kälte. Dieselbe erzeugte in geringer Menge zugesetzt keine Veränderung, während bekanntlich Protalbumose selbst in vollkommen salzfreien Lösungen hierdurch sogleich ausgeschieden wird.

Nach der nun erfolgenden Fällung der Deuteroalbumose mittelst salzgesättigter Essigsäure, Auflösen des Niederschlags in Wasser und Dialyse bildete sich abermals im Schlauch ein Niederschlag von Dysalbumose.

Aus dem Filtrat der Steinsalz-Essigsäurefällung musste nunmehr nach dem eingangs angegebenen Verfahren sich durch Sättigung mit Ammoniumsulphat reine Deuteroalbumose ausscheiden lassen. Dies aber war keineswegs der Fall. Zwar wurde die klare Lösung durch Steinsalzsättigung nicht getrübt, auch Salpetersäure erzeugte in der salzfreien Flüssigkeit keine Reaction, dagegen wurde durch Zusatz von Kupfersulphat ein im Ueberschuss desselben unlöslicher Niederschlag hervorgerufen.

Es geht hieraus hervor, dass Dysalbumose, wiewohl isolirt in neutralen Salzlösungen unlöslich, bei Gegenwart von viel Deuteroalbumose dennoch in gewisser Menge selbst in einen salzfreien Wasserauszug übergeht und aus dieser Lösung bei Abwesenheit von Protalbumose durch Steinsalz nicht niedergeschlagen wird.

Es sind demnach in Präparaten wie das vorliegende diese Mengen von Dysalbumose nicht von der Deuteroalbumose ohne weiteres zu trennen und würde so letztere niemals rein zu erhalten sein, wenn nicht in dem Zusatz von Protalbumose zu dem ursprünglichen Albumosegemisch ein sehr einfaches Mittel gegeben wäre, diesen Uebelstand zu beseitigen.

Hierdurch wird in gewöhnlicher Weise die Dysalbumose durch Steinsalz aus der neutralen Lösung fällbar und man erhält schliesslich durch Sättigung mit Ammoniumsulphat vollständig reine, beim Zusatz von Kupfersulphat klar bleibende Deuteroalbumose.

Es wird seit den Untersuchungen von Henninger[1]) und von Hofmeister[2]) allgemein angegeben, dass aus den Peptonen durch einen der Hydrolyse entgegengesetzten Process, nämlich durch Wasserentziehung, wieder ein eiweissartiger Körper entsteht, wobei erstere ersichtlich das Stadium der Albumosen durchlaufen müssten.

Meine hierauf gegründete Voraussetzung, dass durch entsprechende Einwirkung aus der Deuteroalbumose sich wieder Prot- und Heteroalbumose bilden würden, wurde durchaus bestätigt und somit ein endgültiger Beweis für die Richtigkeit der vorstehenden Beobachtungen geliefert.

Zum Versuche erhitzte ich reine Deuteroalbumose in fein gepulvertem Zustande sehr langsam im Schwefelsäurebade. War das Pulver vorher bei 100° getrocknet, so ist ein Schmelzen bei keiner Temperatur zu beobachten, dagegen entweichen von 150° an deutlich alkalische Dämpfe und wird die Substanz allmählich gelblich. Eine Probe des Pulvers bei 180° entnommen ist in warmem Wasser vollkommen löslich, wird aber durch Kupfersulphatlösung sowohl wie durch Steinsalzsättigung bereits stark getrübt.

Nach längerer Einwirkung bei 200° wurde der Versuch unterbrochen, das nunmehr leicht zusammen geballte Pulver fein zerrieben und mit Rücksicht auf die etwa vorhandene Heteroalbumose mit 5proc. Kochsalzlösung nicht höher als bei 40° 24 Stunden digerirt, wobei der grösste Theil zurückblieb.

Die durchaus neutral reagirende Lösung gab Fällung beim Zusatz von Kupfersulphat, im Ueberschuss desselben verschwindend, sowie nach Sättigung mit Steinsalz. Die letztere Ausscheidung in Wasser gelöst entstand nicht wieder durch Dialyse, dagegen sogleich in der durch Eindampfen etwas concentrirten Lösung nach dem

1) Comptes rendus t. LXXXVI no. 23 p. 1464.
2) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 2 S. 206.

Zusatz von Salpetersäure auch bei Abwesenheit von Salz, um beim Erhitzen wieder zu verschwinden.

Es enthielt demnach dieser Auszug Protalbumose, während Heteroalbumose nicht vorhanden war.

Der durch Kochsalzlösung nicht aufgenommene Rückstand wurde mit 0,4 proc. Salzsäure auf dem Wasserbade mehrere Stunden digerirt, wobei Dysalbumose gelöst wurde, leicht zu erkennen durch ihr Verhalten gegen Salpetersäure und daran, dass sie beim Neutralisiren nur etwa zur Hälfte ausfiel, zum anderen Theil als Heteroalbumose in Lösung ging, die sich erst nach der Dialyse ausschied. Die Lösungen in Salzsäure und Soda wurden durch Steinsalz gefällt.

Es folgt hieraus, dass die Heteroalbumose lediglich in der Form der Dysalbumose sich vorfand.

Was nach der Behandlung mit Salzsäure im Rückstande geblieben, zeigt genau die Eigenschaften des von Hofmeister beschriebenen Eiweisskörpers. Nach längerem Kochen nahezu vollständig durch 2 % Soda gelöst, fiel es beim Neutralisiren aus, um jetzt im geringen Ueberschuss der Säure wieder zu verschwinden. Der Neutralisationsniederschlag ist in Wasser, reinem oder salzhaltigem, sowie bei jeder Temperatur in Salpetersäure unlöslich. Dem entsprechend entsteht selbst in sauren nicht allzu verdünnten salzfreien Lösungen durch starke Salpetersäure in der Kälte eine Fällung, die sich beim Kochen zu einem gelben Coagulat gestaltet.

Die salzsaure Lösung wird durch Sättigung mit Steinsalz sowie durch wenig Ferrocyankalium gefällt. In der Sodalösung entsteht wie durch Steinsalz, so auch durch etwas Kupfersulphat eine Ausscheidung, welch letztere beim Ansäuern nicht verschwindet, ein grosser Ueberschuss der Säure bewirkt Lösung, die durch viel Kupfersulphat wieder stark getrübt wird.

Das Verhalten der drei isolirten Producte gegen Natronlauge und Kupfersulphat in der Kälte ist besonders bemerkenswerth.

Zur Prüfung desselben wurden wegen der gelblichen auch durch Thierkohle nicht zu beseitigenden Färbung, welche sämmtlichen Lösungen anhaftet, dieselben vorsichtig mit verdünnter Kupferlösung überschichtet. Es zeigten dann nicht nur die beiden Albumosen, sondern auch der eiweissartige Körper an der Berührungszone die

für die Spaltungsproducte der Albumine charakteristische purpurrothe Färbung.

Erhitzt man Deuteroalbumose andauernd auf 200°, so entsteht zum grössten Theil eine Substanz, welche auch nicht durch Soda, dagegen durch längeres Kochen in Natronwasser gelöst wird. Dieselbe durch Neutralisation ausgeschieden, wird nunmehr auch durch Soda leicht aufgenommen und ist von dem hierin von vorn herein löslichen, vorher beschriebenen Körper nicht verschieden.

Durch weitere Steigerung der Temperatur tritt unter Entwicklung starker Dämpfe und Abscheidung eines schwarzen Körpers Zersetzung ein.

Die Heteroalbumose in gleicher Weise erhitzt, lieferte ausser in Salzsäure beim Erwärmen lösliche Dysalbumose einen Eiweisskörper von den nämlichen Reactionen wie der aus Deuteroalbumose gewonnene.

Was nach derselben Behandlung der Protalbumose durch siedendes Wasser nicht wieder aufgenommen wurde, gab auch an heisse Salzsäure nur geringe Spuren von Dysalbumose ab. Der ferner entstandene Eiweisskörper unterschied sich indessen von dem aus Hetero- und Deuteroalbumose gewonnenen darin, dass seine Lösung in Soda nach Sättigung mit Steinsalz durchaus klar blieb.

Obgleich diese beim Erhitzen der verschiedenen Albumosen schliesslich entstehenden Substanzen im allgemeinen syntoninartigen Charakter zeigen, so sind dieselben doch keineswegs als mit dem gewöhnlichen Verdauungssyntonin des Fibrins identisch zu bezeichnen.

Da durchaus keine Anhaltspunkte vorliegen, das Verdauungssyntonin bereits als ein Gemenge von Spaltungsproducten der Eiweisskörper aufzufassen, so ist nicht ersichtlich, wie wenigstens die Protalbumose, die doch vornehmlich, wenn nicht ausschliesslich nur einen Atomcomplex des Fibrinmoleküls enthält, in ihrer ganzen Menge zu einem solchen ungespaltenen Eiweisskörper sich zurückbilden könnte. Uebrigens weicht auch, wie gezeigt wurde, die aus ihr hervorgehende Substanz vom Verdauungssyntonin in dem Verhalten ihrer Lösung in Soda nach Steinsalzsättigung ab.

Die Möglichkeit einer Bildung von wirklichem Verdauungssyntonin durch Wasserentziehung liegt anscheinend bei der Hetero-

albumose vor, sowie bei dem Antheil der Deuteroalbumose, welcher aus der ersteren hervorgeht, da hier die Hemi- wie die Antigruppe des Fibrinmoleküls vorhanden ist.

Dennoch geht auch aus diesen kein Verdauungssyntonin hervor, da die entstehenden Producte sich gegen die beiden Verdauungsfermente durchaus resistent verhalten und zudem wie erwähnt die sog. Biuretreaction der gespaltenen Albumine zeigen.

Ich möchte demnach diese Körper als die dem Verdauungssyntonin entsprechenden Anhydridstufen der durch Hydrolyse entstandenen Spaltungsproducte des Fibrins betrachten.

Durchaus entsprechende Substanzen erhielt Kühne[1]), als er albumosefreie Peptone im trocknen Zustande einige Stunden auf 140° oder vorübergehend auf 160° erhitzte. Sowohl aus einem Theil des Anti- wie des Amphopeptons waren in Wasser unlösliche aus alkalischer Lösung durch Neutralisation sowie durch Ammoniumsulphat vollkommen fällbare Körper entstanden, welche aber andererseits Biuretreaction gaben und durch Pepsinsalzsäure, sowie durch Trypsinsodalösung nicht verändert wurden.

Diese syntoninartigen Körper scheinen übrigens nur unter gewissen Umständen aus den Peptonen durch Wasserentziehung nach der Hofmeister'schen Methode zu entstehen, indem in anderen Fällen hierbei sehr bald eine Zersetzung eintritt, welche Kühne und Chittenden[2]) bereits theilweise beobachteten, als sie behufs Trocknung der Peptone dieselben nur auf 110° erwärmten.

Zu einem nach dieser Richtung hin angestellten Versuch verwandte ich vollkommen albumosefreie Peptone, die vorher bei 100° getrocknet waren.

Eine Zersetzung begann augenscheinlich schon bei wenig über 100° C. und nahm zu, je höher ich die Temperatur steigen liess.

Sowohl Ampho- wie Antipepton färbten sich unter Aufblähen und Entwicklung stark brenzlig riechender Dämpfe immer dunkler, bis schliesslich bei 200° eine tief schwarze Masse resultirte.

Proben wurden bei verschiedenen Temperaturen entnommen. Dieselben lösten sich bis 170° kurze Zeit erhitzt mit Leichtigkeit

1) Verhandl. des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 3 S. 291.
2) Zeitschr. f. Biol. Bd. 22 S. 428 u. 437.

in kaltem Wasser, ohne dass sie noch Biuretreaction gaben oder durch Sättigung mit Ammoniumsulphat auch nur getrübt wurden. Bis 200° erhitztes Pepton lieferte dieselben Producte wie die schliesslich zersetzten Albumosen, nämlich einen kaffeesatzähnlichen Körper, der jeder Reaction unzugänglich war.

Indem ich glaube, dass aus dem bisher Angeführten die Beziehungen der verschiedenen bei der peptischen Verdauung entstehenden Albumosen zu einander genügend hervorgeht, erübrigt es nunmehr auch, die tryptische Verdauung des Fibrins einer Betrachtung zu unterwerfen.

Eine diesbezügliche Angabe liegt von Jac. G. Otto[1]) vor. Er beobachtete bei der Einwirkung von Pankreasauszug auf Fibrin bis zur völligen Lösung des letzteren keine Bildung von Albumosen, welche aus neutraler Lösung durch Steinsalz fällbar sind (also von Prot- und Heteroalbumose), nachdem er die Flüssigkeit von Globulinsubstanz auf eine nicht angegebene Methode völlig befreit hatte. Dagegen erhielt er eine Albumosenfällung durch Zusatz von Salzsäure, die also Deuteroalbumose war.

Bei der Wiederholung dieses Versuches war es die nächste Aufgabe, die Globulinsubstanz zu entfernen, welche in den tryptischen Verdauungslösungen neben den ersten Spaltungsproducten des Fibrins immer zu finden ist.

Die Auffassung, dass dieses Globulin bereits ein specifisches Product der tryptischen Einwirkung sei, scheint mir nicht haltbar, da ich die Beobachtung machte, dass von reinem Fibrin, welches mit einer 0,2 proc. Sodalösung während 24 Stunden auf 40° erwärmt wird, ebenfalls nicht unbedeutende Mengen einer Substanz in Lösung gehen von genau demselben Verhalten wie dies Globulin. Ja, das letztere lässt sich immer wieder von neuem in der Flüssigkeit nachweisen, wenn man Fibrin gleichviel, ob im frischen oder gekochten Zustande mit Glaspulver fein zerreibt und unter Tymolzusatz mit einer 5 proc. Chlornatrium haltigen 0,4 proc. Sodalösung bei 40° behandelt.

---

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 8 S. 133.

Hierzu kommt, dass diese Globulinsubstanz keineswegs allgemein bei der Trypsinwirkung auf Eiweiss entsteht, indem das krystallisirende Vitellin mit diesem Enzym behandelt, direct Albumosen liefert, ohne dass sich die vorausgehende Bildung eines dem Globulin entsprechenden Körpers nachweisen liesse. Ebenso verhält sich reines Serumalbumin. Weder durch schwaches Ansäuern, noch durch Dialyse seiner mit Trypsin behandelten Lösung konnte ich mich in irgend einem Stadium von dem Vorhandensein einer globulinartigen Substanz überzeugen.

Es scheint somit die Annahme gerechtfertigt, dass ähnlich der Pepsinwirkung auch die des Trypsins zunächst nur die Lösung des Fibrins in der alkalischen Flüssigkeit befördert, und zwar entweder als solches, oder nachdem die Verschmelzung des Para- und Metaglobulins durch die Hydrolyse aufgehoben wurde, so dass dann diese Globuline erst der eigentlichen Verdauung anheim fallen.

Vermuthlich hat hierauf auch die Thatsache Bezug, dass chemisch reines, also jedes Lösungsmittels für die globulinartigen Eiweisskörper bares Trypsin gegen Fibrin unwirksam ist, aber durch den Zusatz von etwas Kochsalz zum reinen Wasser seine digestive Function wieder erlangt.

Von den bekannten Fällungsmethoden des Globulins fand ich für die vorliegende Aufgabe die einfachste, nämlich Kochen der neutralen oder soweit angesäuerten Lösung, als noch eine Ausscheidung erfolgt, nicht geeignet, indem hiernach immer, wenn auch geringe Mengen des Globulins in Lösung blieben, daran erkenntlich, dass der in einer Probe durch Salpetersäure und etwas Kochsalzlösung in der Kälte entstehende Niederschlag sich beim Kochen nicht wieder vollständig löste.

Anwendbar war auch nicht die Sättigung der Lösung mit neutralem Magnesiumsulphat bei 30°, wodurch zwar eine vollständige Ausfällung der Globuline bewirkt wird, aber auch die Prot- und Heteroalbumose zum grössten Theil sich niederschlagen.

Somit blieb nur die Dialyse übrig, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass hierdurch auch etwa in der Flüssigkeit vorhandene Heteroalbumose unlöslich wird.

Die bei der Pepsinverdauung gemachten Erfahrungen legten die Vermuthung nahe, dass auch bei der Trypsinwirkung auf Fibrin zunächst Prot- und Heteroalbumose entstünden, welche dann weiterhin in Deuteroalbumose übergehen.

Mit Rücksicht hierauf erwärmte ich annähernd gleiche Portionen feinzerriebenen Fibrins und ebenso einen albumosenfreien Pankreasauszug auf 40°, vereinigte dann eine jede der Fibrinmengen mit einem gleichen Volumen der Trypsinlösung und unterbrach von zehn zu zehn Minuten eine dieser Verdauungen.

Die auf diese Weise gewonnenen Verdauungsflüssigkeiten wurden mit Salzsäure neutralisirt, gekocht und einer zweitägigen Dialyse ausgesetzt, wobei eine nachweisbare Abscheidung von Heteroalbumose nicht stattfand.

Sämmtliche neutralen Verdauungsproben blieben durch Sättigung mit Steinsalz vollkommen klar, enthielten aber nichts desto weniger geringe Spuren von Protalbumose, nur daran erkenntlich, dass Kupfersulphat Trübung erzeugte. Reichlich dagegen war Deuteroalbumose, namentlich in den am längsten erwärmten Portionen vorhanden.

Um die Einwirkung des Enzyms abzuschwächen, wiederholte ich dieselben Versuche mit gekochtem Fibrin, welches sich im grossen Ueberschuss befand, ohne indessen ein anderes Resultat als vorher zu erhalten.

Wie bereits gezeigt wurde, ist im Gegensatze zur Heteroalbumose die durch peptische Verdauung gewonnene Protalbumose nicht im Stande, eine Deuteroalbumose zu liefern, sondern fällt direct der Zersetzung anheim.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden also auch statt bei unmittelbarer Einwirkung des Trypsins auf Fibrin. Es scheint hier schon im Entstehungsmoment die Heteroalbumose so schnell in Deuteroalbumose verwandelt zu werden und die Protalbumose zu zerfallen, dass letztere immer nur in Spuren nachweisbar ist.

Bei der directen Einwirkung auf Fibrin nicht minder wie bei der auf Protalbumose offenbart sich die geringe Widerstandsfähigkeit der Hemigruppe gegen das tryptische Ferment.

Die durch Trypsinwirkung gelieferte Deuteroalbumose geht wahrscheinlich in der Weise aus den Elementen der Heteroalbumose her-

vor, dass nach Zersetzung der Hemigruppe nur die Antigruppe das Material für dieselbe bildet.

In der That entsteht lediglich eine Antideuteroalbumose, denn nach der bekannten Methode isolirt, zeigt sie zwar in ihren Reactionen keine Abweichung von der Deuteroalbumose der peptischen Verdauung, wird aber, beliebig lange mit Trypsin behandelt, ohne Zersetzung zu erleiden in Antipepton übergeführt.

Dem entsprechende Resultate ergab die Trypsinwirkung auf Deuteroalbumose, welche aus einer peptischen Verdauung stammte. Es gelingt hier nach vorgeschrittener Peptonbildung durch Sättigung der Lösung mit Ammoniumsulphat noch eine geringe Albumosenausscheidung zu erhalten, welche sich ebenfalls als Antideuteroalbumose erweist.

Es erhellt, wie durch diese Thatsachen bei der tryptischen Verdauung die Auffassung der Protalbumose als reinen Hemikörper wesentliche Unterstützung findet.

Ueber Vitellosen.

Von

Dr. R. Neumeister.

Im Anschluss an die Arbeiten von Kühne und Chittenden über die Albumosen des Fibrins[1]), welchen neuerdings die Untersuchung über die Globulosen[2]) gefolgt ist, habe ich es unternommen, die entsprechenden Verdauungsproducte des vegetabilischen Vitellins zu isoliren, eines Eiweisskörpers, der sogleich ein grosses physiologisch-chemisches Interesse erregt hat, nachdem er durch die von Drechsel[3]) und Grübler[4]) angegebene Darstellungsweise allgemein zugänglich geworden ist.

Eine Arbeit „über Hemialbumose aus vegetabilischem Eiweiss" liegt von F. Szymanski bereits vor[5]). Indessen ist derselbe „auf die Unterschiede, welche Kühne und Chittenden zwischen ihren mittelst Pepsin und Säure erhaltenen Albumosen machen", nicht eingegangen. Auch war die Muttersubstanz, aus der diese Albumosen erhalten wurden, wie der Verfasser angibt, kein einheitlicher Körper, sondern ein Gemisch von Conglutin und Legumin.

Das Vitellin dagegen bietet durch seine Fähigkeit zu krystallisiren eine Garantie absoluter Reinheit, ausserdem aber wählte ich diesen Eiweisskörper, weil er in Bezug auf Herstammung möglichst abweicht von den Muttersubstanzen der bisher dargestellten Albumosen und Globulosen.

Zur Untersuchung dienten mir 45g des von Grübler hergestellten Präparats aus Kürbissamen.

---

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 20 S. 11.
2) Zeitschrift f. Biol. Bd. 22 S. 409.
3) Journ. f. pract. Chem. Bd. 19 S. 331.
4) Journ. f. pract. Chem. Bd. 23 S. 97.
5) Berichte d. deutschen chem. Ges. 1885 S. 1371

Peptische Verdauung des Phytovitellins.

Da es darauf ankam, den hydrolytischen Process auf die Bildung von Vitellosen zu beschränken, musste eine möglichst gleichmässige Einwirkung des Ferments auf die ganze Menge des Vitellins erzielt werden.

Digerirt man Vitellin, gleichviel, ob in der Kälte oder unter Erwärmen mit 0,4 proc. Salzsäure, so wird dasselbe zwar reichlich, aber niemals vollständig hiervon aufgenommen und folglich auch der peptischen Einwirkung kein gleichartiger Angriffspunkt geboten.

Aber auch die Lösung vom Rückstand getrennt wird nicht gleichmässig verdaut, denn sie enthält nach der Einwirkung von Pepsin neben Syntonin immer noch bemerkenswerthe Mengen unveränderten Vitellins. Neutralisirt man die Verdauungsflüssigkeit, genau, nachdem bereits Vitellosenbildung eingetreten ist, so erscheint zwar ein reichlicher Niederschlag, der sich aber bei ganz schwachem Ansäuern noch bedeutend vermehrt. Dass diese zweite Fällung unverändertes Vitellin ist, zeigt die Prüfung des Gesammtniederschlages. Nach dem völligen Auswaschen desselben mit Wasser geht ein Theil davon durch 10 % Chlornatrium in Lösung, fällt vom Rückstande getrennt beim schwachen Ansäuern zum grössten Theil, aber nie vollständig aus, coagulirt beim Kochen der neutralen Flüssigkeit ebenso wie nach dem Zusatz von Salpetersäure, scheidet sich durch völlige Sättigung mit Steinsalz dagegen nicht aus.

Es ist nämlich zu berücksichtigen, dass die Verdauungslösung durch die Neutralisation kochsalzhaltig wird und dass in 1 % Chlornatrium das Vitellin, wie ein Versuch belehrt, in gewisser Menge löslich ist.

Eine Beimischung unveränderten Vitellins zur Verdauungslösung lässt sich aber leicht und vollständig ausschliessen, wenn man ersteres zunächst in Wasser suspendirt, durch Coagulation unlöslich macht und darauf erst mit 0,2 proc. Salzsäure und reinem Pepsin behandelt.

Das Enzym wirkt auf das Coagulat leicht ein, nicht langsamer wie auf frisches Fibrin.

Nachdem dasselbe fast vollständig zergangen, wurde durch genaues Neutralisiren reines Syntonin erhalten, denn die Verdauungs-

flüssigkeit blieb nach der Entfernung des Niederschlages beim schwachen Ansäuern vollständig klar.

Das gewonnene Syntonin wurde zunächst mit 5 % ClNa, sodann mit Wasser vollständig ausgewaschen.

Es zeigt in Bezug auf leichte Löslichkeit in verdünnter Soda und Säure, sowie auf vollständige Fällbarkeit aller seiner Lösungen beim Neutralisiren, sowie durch Sättigung mit Steinsalz keine Abweichung von den bisher bekannten Acidalbuminen.

Sehr kleine Mengen in Wasser suspendirt werden durch starke Salpetersäure in der Kälte nicht aufgenommen, beim Kochen aber scheinbar vermindert, ohne sich indessen jemals vollständig zu lösen. Je mehr man gleichzeitig zur Flüssigkeit Kochsalzlösung gibt, um so weniger verändert sich der Niederschlag in der angegebenen Weise beim Sieden.

Es ist hier eine Eigenthümlichkeit des Vitellins anzuführen, auf welche hin auch andere peptonfreie vegetabilische Eiweisskörper untersucht werden sollten.

Dasselbe verhält sich nämlich gegen Natronlauge und Kupfersulphatlösung genau wie die Peptone und Albumosen, gibt also mit diesem Reagens in der Kälte eine purpurrothe Färbung (Biuretreaction), nicht die blauviolette der übrigen Eiweisskörper.

Dieselbe Reaction zeigt das aus dem Vitellin entstandene Syntonin, welches daher nur durch seine Unlöslichkeit in Salpetersäure beim Kochen als solches gegenüber den Vitellosen und Albumosen charakterisirt ist.

Das Acidalbumin mit den noch vorhandenen Resten des coagulirten Vitellins vereinigt, wurde einer erneuten Verdauung unterworfen, bis beim Neutralisiren nur noch sehr wenig Syntonin sich ausschied.

Die Verdauungslöung bildet schliesslich nach der Abscheidung einer mässigen Menge von Antivitellid eine klare Flüssigkeit, die auch beim Kochen sich nicht trübt und demnach einen Körper, welcher der coagulirbaren Substanz der peptischen Globulinverdauung [1]) entspräche, nicht enthält.

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 22 S. 413.

Tryptische Verdauung des Phytovitellins.

Auf Grund der meisten bisher beobachteten Verdauungsvorgänge wird mit Recht angenommen, dass von den beiden peptonisirenden Enzymen das Trypsin, wie es bekanntlich allein nur im Stande ist auf die Albumine bis zur Bildung der Amidosäuren zersetzend einzuwirken, auch die vorausgehende hydrolytische Spaltung in Albumosen und Peptone schneller leiste als das Pepsin. Die letztere Thatsache findet indess auf die Verdauung des Vitellins keine Anwendung.

Dasselbe wird auch im coagulirten Zustande, wie gezeigt wurde, durch peptische Einwirkung schnell gelöst, viel resistenter aber verhält es sich gegen das Trypsin.

Verwendet man zum Versuch eine 0,2proc. sodahaltige reine Trypsinlösung, solcher Verdünnung, dass sie eine Fibrinflocke in einer Viertelstunde auflöst, so bedarf es zur Verflüssigung in ihr suspendirten Vitellins bis zur vollständigen Durchsichtigkeit der Lösung etwa 24 Stunden und auch dann fällt der Eiweisskörper beim Neutralisiren fast noch vollständig wieder aus. Um Albumosen und Peptone zu erhalten, ist eine Einwirkung von etwa vier Tagen nöthig, wo dann bereits eine partielle weitere Zersetzung durch die Violettfärbung einer gerade angesäuerten Probe beim Zusatz von Bromwasser sich anzeigt. Eine Bildung von Antivitellid wurde hierbei nur in unbedeutender Menge wahrgenommen.

Nunmehr wurde durch Neutralisiren mit Salzsäure ein reichlicher Niederschlag hervorgerufen, der sich beim schwachen Ansäuern stark vermehrte. Derselbe erwies sich nach dem Auswaschen der Säure durchaus als unverändertes Vitellin.

Denn er löste sich vollständig in 10% Chlorammonium bei 45° um beim Erkalten sich theilweise wieder krystallinisch abzuscheiden.

Ein Auszug mit 5proc. Chlornatriumlösung, welcher reichlich Eiweiss enthielt, blieb nach Sättigung mit Steinsalz vollständig klar. Demnach war bei der Verdauung ein anderer globulinartiger Körper, welcher hierdurch sich ausgeschieden hätte, nicht entstanden.

Das Filtrat vom abgeschiedenen Vitellin wurde nach genauem Neutralisiren gekocht, wodurch noch gelöstes Eiweiss als unbedeutendes Coagulat entfernt werden konnte.

Die Hälfte der klaren Verdauungsflüssigkeit schied nach ihrer Sättigung mit Ammoniumsulphat Vitellosen ab.

Dieser Niederschlag ergab sich entsprechend der tryptischen Verdauung des Fibrins lediglich als Antideuterovitellose. Denn ihre Lösung in Wasser blieb beim Dialysiren ebenso nach Sättigung mit Steinsalz vollkommen klar, wurde aber gefällt beim gleichzeitigen Ansäuern. Durch weitere tryptische Einwirkung gab sie nur unzersetzbares Antipepton.

Im Rest der Verdauungslösung liessen sich nach dem Eindampfen und üblichem Extrahiren mit Alkohol als Endproducte der digestiven Zersetzung Leucin und Tyrosin in ihren charakteristischen Krystallformen mikroskopisch auch hier nachweisen. Letzteres veranlasste ferner in einer Probe die violette Färbung der Piria'schen Reaction.

Dass sich bei der Zersetzung krystallisirten Vitellins durch anhaltendes Kochen mit Zinnchlorür und starker Salzsäure ausser Leucin und Tyrosin noch Asparaginsäure, Glutaminsäure und Phenylamidopropionsäure bilden, hat E. Schulze[1]) nachgewiesen.

Antivitellid.

Dasselbe in hinreichender Menge bei der peptischen Verdauung gewonnen löst sich leicht in 0,2% Soda und wird aus dieser Lösung durch Behandlung mit wenig Trypsin bei 40° als Gerinnsel gefällt. Durch Auswaschen mit warmer Schwefelsäure von 1% und schliesslich mit Wasser wurde er völlig gereinigt.

Das Antivitellid unterscheidet sich in seinen Reactionen vom Antialbumid wesentlich darin, dass es einmal in Soda aufgenommen hierdurch für verdünnte Essig- oder Salzsäure irgend welcher Concentration nicht löslich wird. Im Uebrigen gibt es die Biuretreaction und wird aus seinen alkalischen Lösungen durch Steinsalz gefällt.

Durch Kochen mit 5proc. Schwefelsäure liefert es Antideuterovitellose und einen weiter nicht mehr veränderlichen Körper, ganz entsprechend demjenigen, welcher bei der gleichen Behandlung des Antialbumids beschrieben wurde.

1) Zeitschrift f. physiol. Chem. Bd. 9 S. 69.

Die Vitellosen.

Die peptische Verdauungslösung wurde durch Sättigung mit Steinsalz stark gefällt. Der Niederschlag ist nur zum Theil durch chlornatriumhaltiges Wasser wieder auflöslich. Der Rückstand bestand aus Dysvitellose. Heterovitellose fehlte fast gänzlich, da die salzhaltige Lösung bei der Dialyse im Wesentlichen klar blieb.

Durch Steinsalzsättigung wurde aus der concentrirten Vitellosenlösung Protovitellose ausgeschieden, sodann ein Gemisch von Proto- und Deuterovitellose durch salzgesättigte Essigsäure. Im Filtrat vom letzteren befand sich noch reichlich Deuterovitellose, welche nach der Neutralisation durch Dialyse von den Natronsalzen befreit, von dem Pepton durch Sättigung der Lösung mit Ammoniumsulphat getrennt wurde.

Lässt man die concentrirten salzfreien Vitelloselösungen in absoluten Alkohol tropfen, so wird ein Zusammenballen der Niederschläge verhindert. Nach der Verdrängung des Alkohols durch Aether und Trocknen im Exsicator erhält man die Vitellosen als schneeweisse Pulver.

Sie geben sämmtlich die Biuretreaction. Die Aschen derselben lösen sich vollständig in Salpetersäure ohne Entwicklung von Kohlensäure. Diese Lösungen sind frei von Chlor und enthalten wesentlich Calciumsulphat.

Protovitellose.

Sie ist vollkommen klar in Wasser löslich, wenn auch bei weitem nicht so leicht wie die Deuterovitellose. Die durch siedendes Wasser hergestellten concentrirten Lösungen werden beim Abkühlen trüb, um sich beim Erhitzen wieder zu klären. Die Lösung bleibt klar sowohl beim Kochen, als auch wenn man die neutrale Reaction verändert.

Steinsalzsättigung fällt die neutrale Lösung etwa zur Hälfte. Der im Filtrat hiervon noch gelöste Antheil wird durch einen geringen Zusatz salzgesättigter Essigsäure vollständig ausgefällt.

Salpetersäure fällt die salzfreie Lösung, indem anfangs jeder Tropfen einen Niederschlag erzeugt, welcher beim Umschütteln sich

löst. Sodann erfolgt Fällung, die beim Kochen unter Gelbfärbung der Flüssigkeit verschwindet. Je mehr man zur Lösung gleichzeitig Kochsalz gibt, desto weniger Salpetersäure bedarf es, um in der Kälte einen bleibenden Niederschlag zu erzeugen, um so weniger schnell aber erfolgt Gelbfärbung beim Kochen, die bei einem gewissen Gehalt an Chlornatrium überhaupt ausbleibt.

Vorher stark mit Essigsäure versetzte Lösungen werden durch Salpetersäure auch in der Kälte nicht einmal getrübt, dagegen werden sie hierdurch sogleich gelb gefärbt. Ebenso löst ein Ueberschuss von Salpetersäure die in salzfreien wie salzhaltigen Lösungen anfangs hervorgerufenen Niederschläge schon in der Kälte unter Gelbfärbung.

Der durch Gerbsäure bewirkte Niederschlag wird im starken Ueberschuss derselben, namentlich aber auch beim Kochen geringer, niemals aber vollständig gelöst.

Im Ueberschuss des Fällungsmittels unlösliche Ausscheidungen erzeugen Ferrocyankalium in angesäuerten Lösungen, Quecksilberchlorid und starke Natronlauge; wogegen die durch Kupfersulphat und basisches Bleiaretat entstandenen Niederschläge sich im Ueberschuss dieser Salze lösen. Kochen mit Natronlauge und Bleilösung bewirkt tiefe Schwärzung durch Bildung von Schwefelblei.

Unterwirft man die Protovitellose der tryptischen Einwirkung, so scheidet sie nur eine Spur von Antivitellid ab. Im Uebrigen wird sie als solche in die Endproducte dieser Verdauung gespalten, das heisst in Antipepton, Tyrosin, Leucin und den mit Brom violett werdenden Körper.

Peptische Einwirkung dagegen oder Kochen mit Säuren führen die Protovitellose in Deuterovitellose über.

0,5552g Protovitellose gaben 0,0026g = 0,47% Asche.

Hetero- und Dysvitellose.

Heterovitellose durch die peptische Verdauung nicht in genügender Menge gebildet, wurde durch Dialysiren des Filtrats aus der neutralisirten salzsauren Auflösung der Dysvitellose reichlich gewonnen.

Spuren von Heterovitellose wurden indessen immer, sowohl beim Dialysiren der Protovitellose als auch der Deuterovitellose als geringfügige Abscheidungen nachgewiesen.

Die Heterovitellose wird schwer nach längerem Digeriren durch Kochsalzlösung (7 %) aufgenommen, um hieraus nach der Sättigung derselben mit Steinsalz reichlich, aber nicht vollständig auszufallen, so dass Salpetersäure in dem mit Wasser verdünnten Filtrat deutlich die Albumosenreaction gibt.

Was in der Flüssigkeit in Lösung geblieben, erfährt durch Zusatz eines Tropfens salzgesättigter Essigsäure starke Trübung, die beim Kochen sehr gering wird, ohne indessen gänzlich zu verschwinden, beim Abkühlen in der früheren Deutlichkeit wiederkehrt. Im grossen Ueberschuss der Säure wird die Lösung klar, bei einer gewissen Säuremenge vollständig gefällt.

Auch die Heterovitellose zeigt wie die Heteroalbumose die Eigenschaft, beim Kochen im reinen Wasser sowohl wie in einer concentrirten neutralen Lösung zu coaguliren. Im Weiteren verhält sie sich hierauf genau wie die letztere, so dass ich mich auf die von Kühne und Chittenden angegebenen Reactionen[1]) beziehen kann.

Ebenso weicht sie in Bezug auf ihre Löslichkeit in Säuren und Alkalien nicht von der Heteroalbumose ab.

Neutrale Lösungen werden durch sehr wenig Essigsäure anfangs getrübt, bei stärkerem Zusatz derselben wieder klar.

Salpetersäure fällt die Lösungen und zwar um so stärker, je mehr man hierauf gesättigte Chlornatriumlösung zugibt. In der Hitze erfolgt Lösung, ebenso schon in der Kälte, wenn die Salpetersäure im Ueberschuss oder starke Essigsäure zugesetzt wird.

Einen im Ueberschuss der Säure auflöslichen Niederschlag erzeugt Ferrocyankalium und Essigsäure.

Dagegen sind die durch Kupfersulphat und basischer Bleiacetat erfolgenden Ausscheidungen in Ueberschuss der Fällungsmittel bleibend.

Sublimat bewirkt keine Trübung, eine solche tritt aber ein beim Ansäuern mit Essigsäure, um im Ueberschuss der letzteren wieder zu schwinden.

Durch tryptische Einwirkung wird die Heterovitellose unter reichlicher Abscheidung von Antivitellid in Antideuterovitellose, durch

1) Zeitschrift f. Biol. Bd. 20 S. 34.

die peptische Verdauung oder durch Kochen mit Säuren dagegen in Amphodeuterovitellose übergeführt.

0,3846g Heterovitellose gaben 0,0043g = 1,12% Asche.

Deuterovitellose.

Ihre neutralen Auflösungen werden durch Steinsalz bei keiner Temperatur gefällt. Erst nach dem Zusatz salzgesättigter Essigsäure tritt Fällung ein, die indessen nur eine sehr unvollkommene ist, da bei weitem die grösste Menge in Lösung bleibt. Setzt man etwas mehr von der Säure zu, so wird die Flüssigkeit wieder klar.

Salpetersäure trübt auch in der Kälte die salzfreien Lösungen nicht, aber auch ebenso wenig solche, die sehr reichlich Chlornatrium enthalten. Erst nahezu vollständig mit Steinsalz gesättigte Lösungen werden durch Salpetersäure gefällt. Es geht demnach bemerkenswertherweise der Deuterovitellose das allgemeine Verhalten der Albumosen, durch Salpetersäure und wenig Chlornatrium in der Kälte gefällt zu werden, ab.

Sättigt man jedoch eine mit Salpetersäure versetzte Lösung so weit mit Steinsalz, dass gerade Trübung entsteht und giesst dann von den Krystallen ab, so klärt sich die trübe Flüssigkeit beim Erhitzen, um in der Kälte wieder undurchsichtig zu werden.

Ebenso wie Salpetersäure verhält sich Essigsäure gegen die Deuterovitelloselösungen, um so mehr, als auch eine Gelbfärbung der letzteren durch Salpetersäure nicht wahrzunehmen ist.

Basisches Bleiacetat bewirkt eine im Ueberschuss desselben auflösliche, Sublimat sowie Ferrocyankalium und Säure eine bleibende Fällung.

Die aus der peptischen Verdauung erhaltene Deuterovitellose erfährt durch Kupfersulphat eine deutliche im Ueberschuss des Kupfersalzes unlösliche Trübung, im Gegensatz zu der nach der nämlichen Methode gewonnenen Deuteroalbumose. Dagegen blieb die durch tryptische Einwirkung auf Vitellin sowie auf die Heterovitellose und ferner die durch Kochen des Antivitellids mit Schwefelsäure hervorgehende Antideuterovitellose beim Zusatz von Kupfersulphat klar. Ob dieses abweichende Verhalten in der That auf eine verschiedene Reaction der Ampho- und Antideutero-

vitellose zu beziehen ist, oder vielmehr einer noch nicht völlig gelungenen Abscheidung der Heterovitellose aus der peptischen Deuterovitelloselösung zugeschrieben werden muss, ist vorläufig nicht zu entscheiden, um so weniger als auch in den salzfreien Lösungen der Proto- und Deuterovitellose die Heterovitellose nicht ganz unlöslich scheint.

0,4288 g Deuterovitellose gaben 0,0039 = 0,91 % Asche.

Wegen mangelnden Materials musste ich vorläufig auf die Elementaranalyse der einzelnen Vitellosen verzichten, doch behalte ich mir die nachträgliche Mittheilung derselben vor.

Im Ganzen erhellt aus dem Obigen, dass abgesehen von einzelnen Reactionen sich die Vitellosen nicht wesentlich von den entsprechenden Spaltungsproducten des Fibrins und des Globulins unterscheiden. Namentlich ihre Beziehungen zu einander erscheinen durchaus denen der Albumosen analog, so dass die dort von mir gegebene Uebersicht der nach einander entstehenden peptischen Verdauungsproducte auch für die des Vitellins volle Gültigkeit behält.

Schliesslich gereicht es mir zur angenehmen Pflicht, Herrn Geheimrat Professor Dr. Kühne für die Anregung zu den beiden vorstehenden Arbeiten, sowie die mir hierbei gewährte freundliche Unterstützung meinen verbindlichsten Dank abzustatten.

Geschichtliche Notiz

von

Dr. **Robert Tigerstedt** und stud. med. **C. G. Santerson** in Stockholm.

Vor einigen Wochen haben wir in dem 4. Heft der „Mittheilungen des physiologischen Laboratoriums in Stockholm" eine Untersuchung über die Filtration in ihrer Bedeutung für die Transudationsprocesse im Thierkörper veröffentlicht. Darin haben wir u. A. einige Versuche mitgetheilt, welche zeigen, dass lebendige thierische Membranen physiologisch indifferente Flüssigkeiten gar nicht filtriren. Seitdem sind wir von einem befreundeten Collegen darauf aufmerksam gemacht worden, dass schon im Jahre 1868 Herr Prof. Dr. Johannes Ranke ganz ähnliche Ergebnisse für das lebende Epithel der Verdauungsschleimhäute erhalten hat (vergl. J. Ranke, Die Lebensbedingungen der Nerven S. 88 bis 97, Leipzig 1868). Wir beeilen uns, die Priorität des Herrn Ranke hervorzuheben, indem wir unser Bedauern darüber aussprechen, dass wir nicht früher von seiner Untersuchung Kenntniss gehabt haben.

Stockholm, 6. Juni 1886.

Druckfehler-Berichtigung.

Im 4. Heft des 22. Bandes soll es heissen:

Seite 491 Zeile 9 von oben statt 76%: 82%.

Seite 493 zweite Reihe der Tabelle ist folgende Form die richtige:

	Fleischeiweiss		Brod	Brodeiweiss	Brod-Kh	
	g	%			g	%
2 Arbeiter . .	?	27			237	51
2 Aerzte . . .	90	67			110	41

1.

A.

A.

3.

A

A.

A

A

6.

A

A

7. Fortsetzung der

E.

8.

A

O

O

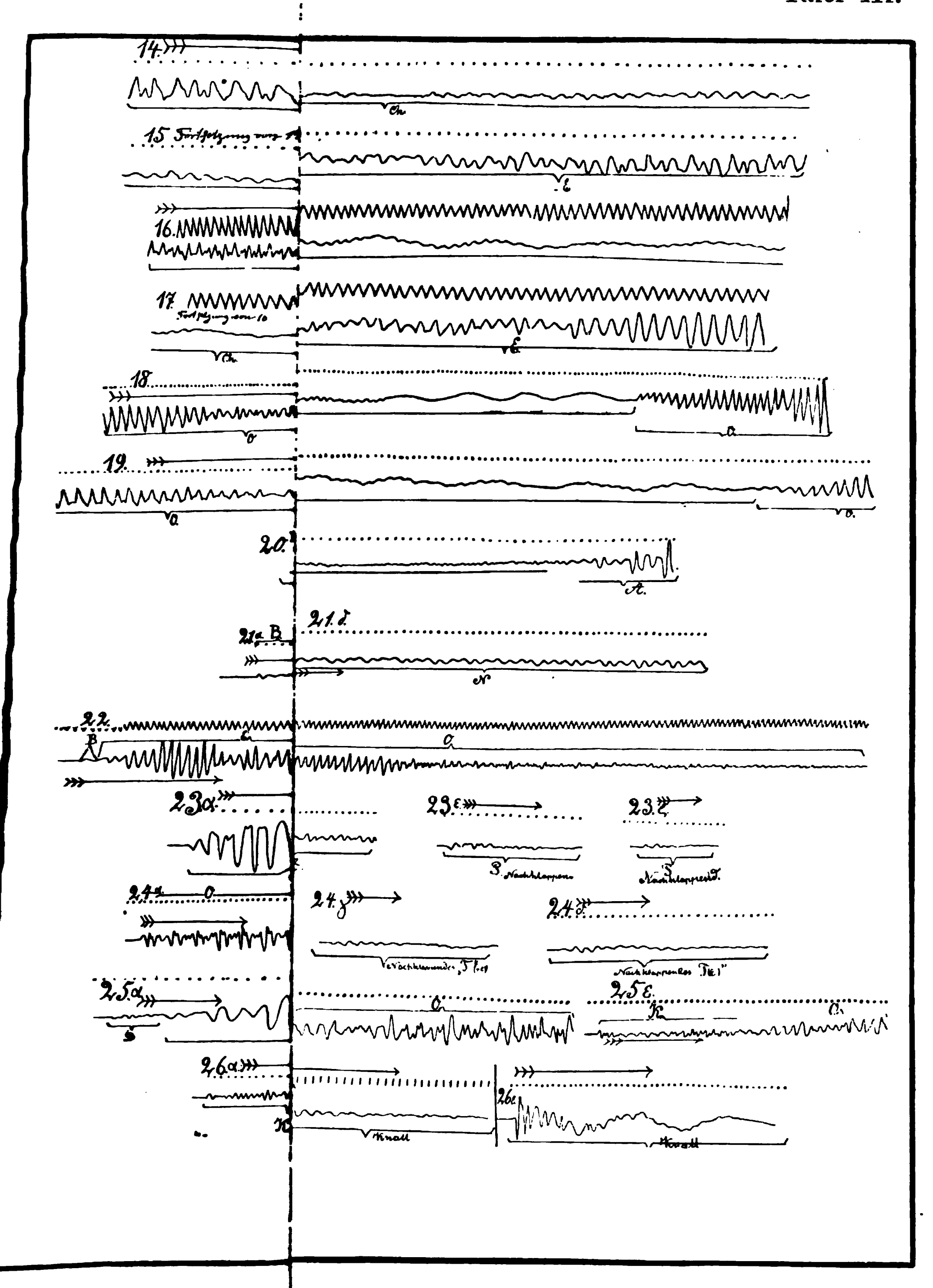
11.

A

12. Fortsetz

13. Fortsetzung d

E.


14.
15
16.
17.
18.
19.
20.
22.

Ueber den Einfluss des Glyzerins auf die Zersetzungen im Thierkörper und über den Nährwerth desselben.

Von

Ludwig Arnschink.

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu München.)

Ueber den Einfluss des Glyzerins auf den Eiweisszerfall liegen bekanntlich schon mehrere Untersuchungen vor. Es ist über dieselbe in den diesen Gegenstand behandelnden, aus dem hiesigen physiologischen Laboratorium hervorgegangenen Arbeiten von L. Lewin[1]) und Nik. Tschirwinsky[2]) schon berichtet worden. Darnach sind die ersten hierüber am Menschen angestellten Versuche von Catillon[3]), bei welchen sich durch 30 g Glyzerin eine sehr ansehnliche Verminderung der Harnstoffausscheidung (von 23,6 g auf 17,4 g im Mittel) zeigte, durch grössere Gaben aber eine geringere Wirkung beobachtet wurde, nicht maassgebend, weil er die verzehrten Nahrungsmittel nicht gewogen hat, also die Stickstoffzufuhr nicht genügend gleich gehalten war.

Die hierher gehörigen Versuche von Immanuel Munk[4]) sind in tadelloser Weise ausgeführt. Es ergab sich bei Hunden von etwa 20 kg Körpergewicht, welche mit Fleisch und Speck im Stickstoffgleichgewicht sich befinden, durch Dosen von 25—30 g Glyzerin (1,2—1,5 g auf 1 kg Thier) keine Aenderung des Eiweisszerfalles, während die gleiche Menge von Rohrzucker eine Herabsetzung desselben um 7 % hervorbrachte. Eine Steigerung der Harnausscheidung war dabei nicht constant zu beobachten.

1) L. Lewin, Zeitschr. f. Biol. 1879 Bd. 15 S. 243.

2) Nik. Tschirwinsky, Zeitschr. f. Biol. 1879 Bd. 15 S. 252.

3) Catillon, Arch. de physiol. norm. et pathol. (2) 1877 t. 4 p. 83.

4) Im. Munk, Verhandl. d. physiolog. Ges. zu Berlin 1878 S. 36 und Arch. f. pathol. Anat. 1879 Bd. 76 S. 119.

L. Lewin und Nik. Tschirwinsky verabreichten den Hunden grössere Gaben von Glyzerin. Der Erstere gab einem 28 kg schweren Hunde, nachdem er ihn durch Fütterung mit Fleisch und Fett in das Stickstoffgleichgewicht versetzt hatte, täglich 30—200 g Glyzerin (also bis zu 7 g auf 1 kg Thier) und beobachtete bei den grösseren Dosen neben einer Vermehrung der Harnmenge eine kleine Erhöhung der Harnstoffausscheidung. Der Letztere prüfte nochmals das Verhalten des Glyzerins in Gaben von 100 bis 200 g an einem Hunde von 24 kg Gewicht (4—8 g auf 1 kg Thier) und zwar bei ausschliesslicher Fütterung mit reinem Fleisch, wobei am leichtesten eine Ersparung von Eiweiss wahrzunehmen ist, um den Einwand auszuschliessen, dass durch das Fett bei Lewin's Versuch schon das mögliche Maximum der Eiweissersparung erreicht worden sei; er erhielt aber ebenfalls keine wesentliche Aenderung der Harnstoffmenge trotz der bedeutenden Harnvermehrung bei den grösseren Gaben von Glyzerin.

Das Glyzerin übt daher auffallenderweise, obwohl es grösstentheils im Körper zersetzt wird, keinen ersparenden Einfluss auf die Grösse der Eiweisszersetzung aus, wie andere stickstofffreie Stoffe, z. B. das Fett oder die Kohlehydrate.

Man könnte sich, wie Tschirwinsky es aussprach, denken, dass eine ersparende Wirkung des Glyzerins wohl vorhanden ist, dass sie aber durch eine andere, welche ihrerseits den Eiweisszerfall erhöht, indem sie z. B. grössere Quantitäten von Wasser in den Harn überführt, übercompensirt wird. Letzteres erschien Tschirwinsky namentlich deshalb wahrscheinlich, weil trotz der vermehrten Harnausscheidung bei seinen Versuchen keine grössere Harnstoffmenge auftrat. Heben sich die beiden Wirkungen eben auf, dann bleibt die Harnstoffzahl unverändert; es kann aber auch die eine oder andere Wirkung überwiegen. Munk machte dagegen geltend, dass die vermehrte Wasserausscheidung im Harn keine wesentliche Steigerung der Harnstoffmenge bedingt, was auch neuere im hiesigen Laboratorium angestellte Versuche darthun. Es könnte aber dennoch irgend ein anderes Moment die vorausgesetzte Steigerung veranlasst haben.

Wenn nun auch das Glyzerin den Eiweissumsatz nicht beein-

flusst, so bewahrt es doch möglicherweise einen Theil des Fettes im Körper vor der Zerstörung oder verhindert vielleicht die Fettabgabe vollständig. Es würde dann in dieser letzteren Richtung einen Nährwerth besitzen. Munk[1]) meinte jedoch dagegen, das Glyzerin könne kein Nahrungsstoff sein, weil es das Eiweiss nicht schütze. Aber die letztere Eigenschaft ist nicht stets mit der anderen, an Stelle des Fettes zu verbrennen, verknüpft, und die Grösse der Eiweissersparniss durch einen stickstofffreien Stoff giebt durchaus keinen Maassstab für die Bedeutung des letzteren bei der Ernährung. Die Kohlehydrate hemmen z. B. die Eiweisszersetzung mehr als die Fette und doch bedeuten 100 Theile Fett für die Erhaltung des Körperfettes viel mehr als 100 Theile Kohlehydrat (2,3 mal mehr). Grosse Gaben von Fett besitzen ferner einen geringeren Einfluss auf den Eiweissverbrauch als mittlere Gaben, ja sie ändern unter Umständen denselben gar nicht, obwohl durch sie die Fettabgabe vom Körper verhütet, ja viel Fett angesetzt wird. Die Muskelanstrengung beeinflusst mächtig die Zerstörung des Fettes, aber kaum die des Eiweisses. Bei dem Fieber oder der Phosphorvergiftung ist der Eiweisszerfall bedeutend vermehrt, der des Fettes kann dabei sogar vermindert sein.

Um also über den Einfluss des Glyzerins auf die Fettzersetzung etwas aussagen zu können, muss man neben der Stickstoffausgabe auch die Gesammtkohlenstoffausscheidung während 24 Stunden unter seinem Einflusse kennen, was bis jetzt nicht der Fall war.

Scheremetjewski[2]) hat allerdings nach Einspritzung von 2 g Glyzerin in die Blutgefässe von Kaninchen eine Vermehrung der Kohlensäureabgabe und der Sauerstoffaufnahme während einer Stunde gefunden, woraus er schloss, dass das Glyzerin rasch zerlegt wird. Aber wenn das letztere auch dabei ganz verbrennt, so ist damit noch nicht bekannt, ob dadurch das Fett im Körper geschützt wird oder nicht. Catillon[3]) will nach Aufnahme von Glyzerin bei hungernden Hunden eine Zunahme des Kohlensäuregehaltes der

1) Im. Munk, Arch. f. path. Anat. 1880 Bd. 80 S. 39.

2) Scheremetjewski, Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig 1869 S. 194.

3) Catillon, Arch. de physiol. norm. et pathol. (2) 1878 t. 5 p. 144.

Ausathemluft bis zu 6—7 % bemerkt haben; man vermag aber daraus selbstverständlich nichts zu entnehmen über den Einfluss des Glyzerins auf die Fettzersetzung im Organismus.

Da der Entscheid, wenn auch nicht von praktischem, so doch von bedeutendem theoretischem Interesse ist, so hat schon vor mehreren Jahren A. Lebedeff aus Moskau, als er im hiesigen physiologischen Institute arbeitete, die Frage zur Beantwortung erhalten; die Versuche waren vollständig abgeschlossen, aber leider nach der Abreise Lebedeff's ein Theil der Zahlenresultate trotz wiederholter Bitten nicht zu bekommen. Ich habe daher die Sache zu erneuter Bearbeitung übernommen und mich bei den Versuchen der thatkräftigen Hilfe der Herren Dr. M. Rubner und Dr. Erwin Voit, Assistenten am physiologischen Institute, zu erfreuen gehabt, denen ich hiermit meinen besten Dank auch öffentlich ausdrücke.

Der Eiweisszerfall wurde aus der Stickstoffausscheidung im Harne und Kothe [1]) und die Zersetzung der stickstofffreien Stoffe aus der Kohlenstoffausscheidung durch Harn, Koth und Perspiration gemessen. Die Kohlensäurebestimmung in der Athemluft geschah mit einem kleinen, nach dem Muster des grossen Pettenkofer-schen Apparates gebauten Respirationsapparate. Derselbe war früher auf die Genauigkeit seiner Angaben geprüft worden durch Verbrennen von Oel von bekanntem Kohlenstoffgehalte in einem Capillarbrenner und Bestimmen der erzeugten Kohlensäure, sowie durch Ermittelung einer im Kasten des Apparates verdampften bekannten Wassermenge. Da bei dem Verbrennen von Oel möglicherweise ausser der Kohlensäure auch Kohlenwasserstoffe auftreten können, so habe ich versucht, die Kohlensäure aus doppeltkohlensaurem Natron durch eine Säure zu entwickeln. Das Salz, welches annähernd so viel Kohlensäure liefert, als ein Thier in derselben Zeit, kam in einen doppelt tubulirten Kolben; in die eine Oeffnung desselben passte ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Tropfglas; die in der anderen Oeffnung befindliche Glasröhre führte zu einem mit Schwefelsäure beschickten Liebig'schen Kugelapparate, von dem aus eine Röhre in den Kasten des Respirationsapparates ging. Der ganze

1) Im Harne durch Verbrennen mit Natronkalk nach der Schneider-Seegen'schen Methode; im Kothe nach Will-Varrentrapp.

Kohlensäureentbindungs-Apparat wurde gewogen, dann während des Einträufelns der Schwefelsäure auf einem Sandbade erwärmt, und nach Vollendung der Gasentwicklung abermals gewogen; die Gewichtsdifferenz gibt die Menge der in den Kasten gelangten Kohlensäure an, welche nun in der bekannten Weise bestimmt wurde. Die beiden Werthe stimmen sehr gut mit einander überein, so dass es wohl angezeigt ist, den zu den Respirationsversuchen an Thieren angewandten Respirationsapparat stets mittelst kohlensaurem Salz und mittelst Wasserverdampfung auf die Genauigkeit seiner Angaben zu prüfen.

Ich machte an einem Hunde von 6,9 ^{kg} Gewicht im Mittel zwei Versuchsreihen, beide von siebentägiger Dauer. Das Thier erhielt am 1., 2., 6. und 7. Tage je 200 ^{g} Fleisch mit Wasser, am 3., 4. und 5. Tage dieselbe Fleischmenge unter Zusatz von 50—80 ^{g} Glyzerin (7—11 ^{g} auf 1 ^{kg} Thier).

Die Menge des verzehrten Fleisches ist so gewählt worden, dass sie den Körper wohl auf seinem Eiweissbestande, aber nicht auf seinem Fettbestande erhalten konnte; das Thier gab dabei noch Fett von seinem Körper ab, so dass man sehr gut erkennen konnte, ob das Glyzerin diesen Fettverlust zu vermindern oder aufzuheben vermag oder nicht.

Das Fleisch wurde für die ganze siebentägige Versuchsreihe gekauft, sorgfältig von Fett, Sehnen etc. befreit, wohl gemischt, für jeden Tag 200 ^{g} abgewogen und verschlossen auf Eis gestellt.

Um den Gehalt des angewendeten Glyzerins an reinem Glyzerin zu erfahren, benützte ich das specifische Gewicht desselben. Eine Bestimmung mittelst des Piknometers ergab ein specifisches Gewicht von 1,232, welche Zahl einem Gehalte von 89,3 % nach der Tabelle von Strohmer entspricht.

Ich bemerke im Voraus, dass das Glyzerin in grösserer Dosis von den Thieren nicht gut ertragen wird und deshalb solche Versuche schwer ohne Unterbrechung durchzuführen sind. Harnack hat beim Menschen 160—180 ^{g} Glyzerin gegeben, also bis zu 3 ^{g} auf 1 ^{kg}. Nach Dujardin-Beaumetz und Audigé sollen 8—10 ^{g} Glyzerin auf 1 ^{kg}, subcutan beigebracht, einen Hund binnen 24 Stunden, 14 ^{g} auf 1 ^{kg} binnen 3—4 Stunden und zwar unter Auftreten

von Hämaturie tödten. Plósz sah schädliche Wirkungen bei mehr als 4—6 g Glyzerin auf 1 kg, bei 8—10 g aber den Tod unter Hämaturie nach 24 Stunden auftreten, bei 12—15 g schon nach 4 Stunden. Lewin konnte einem Hunde ohne Schaden bis zu 7 g auf 1 kg reichen, Tschirwinsky bis zu 8 g. Ich habe meinem kleinen Hunde 7—11 g Glyzerin auf 1 kg Körpergewicht beigebracht. Es treten in Folge der durch mehrere Tage hindurch gegebenen grösseren Dosen zunächst Verdauungsstörungen auf. In dem Glyzerin quillt offenbar die Schleimhaut, wie andere thierische Theile, auf und es wird ihr Wasser entzogen; wir haben einmal die Darmschleimhaut eines durch Glyzerin umgekommenen Hundes durchsichtig und glasartig gefunden. Das Thier nimmt nach Glyzerinaufnahme gierig Wasser auf. Es zeigen sich auch an den späteren Tagen gelinde Fiebererscheinungen, vor allem eine etwas erhöhte Körpertemperatur. Blutfarbstoff im Harn haben weder Lewin und Tschirwinsky noch ich trotz der grossen Dosen auftreten sehen. Wenn einmal das Thier durch Glyzerin unwohl geworden war, dann erträgt es später dasselbe immer schlechter. Bei der 1. Versuchsreihe blieb nämlich der Hund ziemlich munter und normal, während er bei der zwei Monate darnach stattfindenden Versuchsreihe bald anfing, das Glyzerin nicht mehr zu ertragen; am 2. Tage der Glyzerindarreichung erbrach er einen kleinen Theil des Verzehrten, frass es jedoch nach einigen Stunden vollständig wieder auf; am 3. Tage, an dem er 80 g Glyzerin erhielt, erbrach er zum mindesten die Hälfte, verzehrte das Erbrochene aber wieder zum Theil, namentlich die erbrochenen Fleischstücke. Eine 3. und 4. Versuchsreihe, die ich in einwöchentlichen Zwischenräumen folgen liess, mussten abgebrochen werden, da der Hund sich weigerte, das Glyzerin aufzunehmen. Ich probirte, das Gemisch von Fleisch und Glyzerin in gekochtem Zustande und gesalzen zu geben, wodurch es einen ganz angenehmen Geruch und Geschmack annahm, aber ohne Erfolg. Der Versuch, dem Thiere die Masse mit Gewalt beizubringen, scheiterte ebenfalls, da bald darnach Erbrechen erfolgte.

Nach einer halbjährigen Ruhe machte ich abermals einen Versuch, dem Thiere das Glyzerin zu geben. Es nahm dasselbe jedoch freiwillig nicht auf; als ich ihm das Glyzerin in kleinen Portionen

einschüttete, ertrug es während drei Tagen je 38g, am 4. Tage trat aber wieder das Erbrechen ein.

Die bei den zwei ersten Versuchsreihen erhaltenen Hauptresultate fasse ich in den beiden folgenden Tabellen zusammen.

I. Versuchsreihe.

Anfangsgewicht des Thieres 6,77, Endgewicht 6,61 kg.

	Tag	Zufuhr (in Gramm)	Stickstoff			Kohlenstoff				Temp. d. Luft in °C.
			Harn	Koth	Summa	Respiration	Harn	Koth	Summa	
1.	18. Febr.	200 Fleisch 50 Wasser	6,57	0,15	6,72	37,9	4,14	0,95	42,99	16,5
2.	19. Febr.	200 Fleisch 50 Wasser	6,83	0,15	6,98	36,9	4,30	0,95	42,15	15,0
3.	20. Febr.	200 Fleisch 50 Glyzerin	6,93	0,15	7,08	40,58	4,36	0,95	45,89	15,8
4.	21. Febr.	200 Fleisch 50 Glyzerin 184 Wasser	6,78	0,15	6,93	43,06	4,27	0,95	48,28	14,5
5.	22. Febr.	200 Fleisch 80 Glyzerin 287 Wasser	7,45	0,15	7,60	50,62	4,69	0,95	56,26	14,2
6.	23. Febr.	200 Fleisch 200 Wasser	8,01	0,15	8,16	41,15	5,04	0,95	47,14	13,9
7.	24. Febr.	200 Fleisch 100 Wasser	8,15	0,15	8,30	35,23	5,18	0,95	41,31	15,1

II. Versuchsreihe.

Anfangsgewicht 7,01, Gewicht am 3. Tage 6,95, Endgewicht 6,40 kg.

	Tag	Zufuhr (in Gramm)	Stickstoff Harn	Stickstoff Koth	Stickstoff Summa	Kohlenstoff Respiration	Kohlenstoff Harn	Kohlenstoff Koth	Kohlenstoff Summa	Temp. d. Luft in °C.
1.	27. April	200 Fleisch 50 Wasser	7,42	0,15	7,57	44,8	4,67	0,95	50,42	16,4
2.	28. April	200 Fleisch 50 Wasser	7,22	0,15	7,37	45,9	4,55	0,95	51,40	16,3
3.	29. April	200 Fleisch 50 Glyzerin 50 Wasser	7,45	0,15	7,60	52,5	4,69	0,95	58,14	16,3
4.	30. April	200 Fleisch 50 Glyzerin 165 Wasser	7,24	0,15	7,39	48,4	4,56	0,95	53,91	15,6
5.	1. Mai	200 Fleisch 80 Glyzerin 320 Wasser	7,90	0,15	8,05	53,5	4,98	0,95	59,43	15,6
6.	2. Mai	200 Fleisch 100 Wasser	8,74	0,15	8,89	44,8	5,51	0,95	51,26	14,2
7.	3. Mai	200 Fleisch 100 Wasser	8,46	0,15	8,61	44,3	5,33	0,95	50,58	14,9

Die Menge des trockenen Kothes war bei beiden Versuchsreihen die gleiche, nämlich an den 7 Tagen 16,5 g, so dass auf einen Tag 2,36 g Trockensubstanz treffen; es ist dies eine ganz normale Menge. Die Farbe der frischen Masse war in beiden Fällen eine dunkelbraune; die Consistenz war jedoch sehr verschieden; bei der ersten Versuchsreihe war sie pechartig wie beim normalen reinen Fleischkoth, bei der zweiten Versuchsreihe dagegen flüssiger, etwas diarrhöisch, schleimig und das Volumen ein grösseres. Trotzdem war die Quantität der Trockensubstanz in beiden Reihen die nämliche. Im trockenen Koth wurden im Tag (bei 6,35% Stickstoff) 0,15 g Stickstoff entfernt. In einer dritten Versuchsreihe, bei welcher der gleiche Hund ebenfalls 200 g Fleisch ohne und mit Glyzerin an 6 Tagen erhielt, schied er während der 6 Tage 9,53 g trockenen Koth aus, im Tag also 1,59 g trockenen Koth, welcher 5,5% Stickstoff enthielt, so dass auf den Tag eine Stickstoffausscheidung im Koth von 0,087 g trifft. Da der Stickstoffgehalt des trockenen Kothes ein ganz normaler ist, so habe ich für den Kohlenstoffgehalt desselben den von C. Voit bestimmten Werth = 43,4% eingesetzt. Munk[1]) hat seinerzeit den Versuchen von Lewin und Tschirwinsky den Vorwurf gemacht, dass bei ihnen die Beschaffenheit und Menge des Kothes nicht berücksichtigt worden wäre; er giebt an, dass bei dem Auftreten von Diarrhöen die Ausnützung der Nahrungsstoffe eine unvollkommenere sei und grössere Quantitäten von Stickstoff darin entleert würden. Dies trifft für unseren Fall wenigstens nicht zu; dem entsprechend hat auch H. von Hoesslin für den Menschen nachgewiesen, dass nicht bei allen Diarrhöen die Ausnützung der Nahrungsstoffe im Darmkanale verschlechtert wird.

Was nun zunächst die Stickstoffausscheidung im Harn und Koth unter dem Einflusse des Glyzerins betrifft, so bleibt dieselbe in beiden Versuchen bei einer geringeren Dosis des Glyzerins (50 g) unverändert; denn es wurde im Mittel an Stickstoff abgegeben:

	Versuchstag	Versuchsreihe I	Versuchsreihe II
ohne Glyzerin	1. 2.	6,85	7,47
mit 50 g Glyzerin	3. 4.	7,00	7,50

1) Munk, Virchow's Archiv 1880 Bd. 80, S. 41.

Dagegen tritt eine erhebliche Vermehrung der Stickstoffabgabe ein bei einer grösseren Dosis des Glyzerins (80g). Es fanden sich dabei:

	Versuchstag	Versuchsreihe I	Versuchsreihe II
ohne Glyzerin	1. 2.	6,85	7,47
mit 80g Glyzerin	5.	7,60 (+ 11 %)	8,05 (+ 8 %)

Aber auch an den beiden, dem Tage der grossen Glyzeringabe nachfolgenden Tagen, wo wiederum kein Glyzerin verabreicht wurde, währte die erhöhte Stickstoffausscheidung noch fort. Es erschienen nämlich:

	Versuchstag	Versuchsreihe I	Versuchsreihe II
ohne Glyzerin	6.	8,16 (+ 19 %)	8,89 (+ 19 %)
ohne Glyzerin	7.	8,30 (+ 21 %)	8,61 (+ 15 %)

Auch bei den früheren Versuchen von Lewin und Tschirwinsky zeigte sich diese Steigerung bei grösseren Gaben von Glyzerin, sowie das Anwähren derselben in den ersten Tagen nach Weglassung des Glyzerins. Ich werde auf die Erklärung dieser Erscheinung noch zurückkommen.

Der Kohlenstoff wird in der Perspiration, im Harn und Koth ausgeschieden und muss daher in diesen drei Exkreten bestimmt werden. Die Bestimmung der in der Perspiration abgegebenen Kohlensäure habe ich schon besprochen. Im Harn geschah die Ermittelung des Kohlenstoffes durch Verbrennen der getrockneten Masse mittels Kupferoxyd.

Es genügte dies aber noch nicht für unsere Schlussfolgerungen, man musste auch wissen, wie viel Glyzerin verbrannt wird, oder also, ob nicht ein Theil des resorbirten Glyzerins unverändert im Harn wieder ausgeschieden wird, und ob nicht unresorbirtes Glyzerin mit dem Kothe entfernt wird.

Ueber die Bestandtheile im Harn nach Aufnahme von Glyzerin sind sehr verschiedene Angaben gemacht worden. Luchsinger fand darnach bei Kaninchen keine das Kupferoxyd reducirende Substanz; Ustimowitsch gab an, bei Hunden und Kaninchen einen das Kupferoxyd stark reducirenden Stoff, ein Zersetzungsproduct des Glyzerins, das aber kein Zucker ist, angetroffen zu haben; das Gleiche erwähnt Plósz, der nach grösseren Gaben von Glyzerin (4—6g

Glyzerin auf 1 kg Hund) einen energisch reducirenden, nicht gärungsfähigen Stoff im Harn vorfand. Dagegen wollte Catillon bei Zufuhr von mehr als 20 g Glyzerin beim Menschen letzteres unverändert im Harn nachgewiesen haben, während Munk im Harn des Hundes (1,5 g Glyzerin auf 1 kg) weder Glyzerinschwefelsäure noch Glyzerinphosphorsäure, noch überhaupt unzersetztes Glyzerin darzuthun vermochte, auch nicht im Harn des Menschen nach Aufnahme von 20 g Glyzerin, woraus er auf eine volle und vollständige Zersetzung des Glyzerins schloss.

Tschirwinsky hatte nun die unveränderte Ausscheidung des Glyzerins im Harn bei grösseren Dosen desselben beobachtet, eine das Kupferoxyd reducirende Substanz war nicht vorhanden, der Harn besass nur die Eigenschaft, beträchtliche Mengen von Kupferoxydhydrat in alkalischer Lösung zu erhalten. Ganz das gleiche fand sich auch bei dem von mir benutzten kleinen Hunde bei grösseren Glyzeringaben.

Auf das Vermögen, Kupferoxydhydrat in alkalischer Flüssigkeit zu lösen, hatte Tschirwinsky, nach Dr. Rubner's Vorschlag, eine quantitative Bestimmung des Glyzerins im Harn basirt. Er sah zu, wie viel Kupferoxyd das mit normalem Hundeharn vermischte Glyzerin in Lösung zu erhalten vermag und schloss dann aus dem Lösungsvermögen des Harnes für Kupferoxyd nach der Aufnahme von Glyzerin auf dessen procentigen Gehalt an letzterem.

Ich habe das gleiche Verfahren eingeschlagen und zunächst geprüft, wie viel Kupferoxyd der nach Aufnahme von 200 g Fleisch entleerte Hundeharn nach Zusatz einer bestimmten Menge des angewandten Glyzerins auflöst. Ich nahm 5 und 10 g des Glyzerins und füllte mit dem Harn bis zu 100 ccm auf; von dieser Mischung wurden je 20 ccm (mit 1 und 2 g Glyzerin) mit 10 g fein gepulvertem Kupfersulphat versetzt, geschüttelt und dann mit so viel concentrirter Natronlauge (1 : 2) gemengt, bis die Lösung eine intensiv lasurblaue Farbe angenommen hatte. Darauf wurde mit Wasser auf 100 ccm aufgefüllt und möglichst rasch bei bedecktem Filter vom gefällten Kupferoxydhydrat abfiltrirt; 75 ccm des Filtrats werden auf dem Wasserbade unter beständigem Umrühren abgedampft, vollständig getrocknet und geglüht, der Rückstand dann in

verdünnter Salpetersäure gelöst, abermals abgedampft, um den letzten Rest organischer Substanz zu entfernen, zuletzt in viel Wasser gelöst und in die heisse Lösung tropfenweise verdünnte Natronlauge zugesetzt, bis die Flüssigkeit alkalisch reagirt und das Kupferoxyd sich vollständig abgeschieden hat. Der Kupferoxydniederschlag wird abfiltrirt, ausgewaschen und getrocknet, geglüht, mit Salpetersäure befeuchtet, abgeraucht und wieder geglüht.

In solcher Weise behandelt lieferten:

75 ccm der 5proc. Lösung 0,6527 g Kupferoxyd
75 ccm der 10proc. Lösung 1,3046 g Kupferoxyd,

also geben:

100 ccm = 20 ccm Harn mit 1 g Glyzerin bei der 5proc. Lösung = 0,8703 g Kupferoxyd,

und

100 ccm = 20 ccm Harn mit 2 g Glyzerin bei der 10proc. Lösung = 1,7395 g Kupferoxyd.

Darnach kommen auf 1 g des käuflichen Glyzerins
bei der 5proc. Lösung 0,8703 g Kupferoxyd,
bei der 10proc. Lösung 0,8698 g Kupferoxyd.

Da aber das angewandte Glyzerin nur 89,3% reines Glyzerin enthält, so erhalten wir für 1 g reines Glyzerin bei der 5proc. Lösung 0,9746 und bei der 10proc. Lösung 0,9740, im Mittel 0,9743 g Kupferoxyd (oder 1 g Kupferoxyd entspricht 1,026 g Glyzerin), d. h. die Löslichkeit des Kupferoxydhydrats verhält sich proportional dem Glyzeringehalte, so dass man demnach im Stande ist, mit Hilfe derselben den Glyzeringehalt des Harnes zu bestimmen..

Allerdings stimmen die von Tschirwinsky für 1 g Glyzerin erhaltenen Werthe des gelösten Kupferoxyds nicht mit den meinigen überein; er erhält wesentlich weniger Kupferoxyd. Da aber auch bei ihm die 10proc. Lösung nochmal so viel Kupferoxyd löste als die 5proc., so ist von ihm höchst wahrscheinlich beide Male der gleiche Fehler bei der Ausrechnung gemacht worden; leider fanden sich die Originalzahlen von Tschirwinsky nicht mehr vor, so dass es nicht möglich war, den Fehler zu finden.

Mit der beschriebenen Methode bestimmte ich nun auch das

im Harn nach der Glyzerinaufnahme ausgeschiedene Glyzerin. Es fand sich Folgendes:

Versuchstag	Reines Glyzerin auf	Reines Glyzerin im Harn	Reines Glyzerin in 100 Harn	Von 100 Glyzerin werden im Harn ausgeschieden
I. 3. Tag	44,25	11,19	3,2	25,3
4. „	44,25	14,49	4,3	32,7
5. „	70,80	16,73	2,9	23,6
II. 3. Tag	44,25	15,12	3,9	34,2
4. „	44,25	16,38	4,3	37,0
5. „	70,80	17,87	3,5	25,2

Ich habe später in einer 3. Versuchsreihe dem Hunde nochmals zu 200 g Fleisch Glyzerin gegeben, um auch den Kohlenstoffgehalt des Harns dabei zu bestimmen, und erhalten:

Versuchstag	Reines Glyzerin auf	Reines Glyzerin im Harn	Von 100 Glyzerin werden im Harn ausgeschieden
III. 4. Tag	28,6	6,30 [1])	22,0
5. „	35,7	7,45 [2])	20,9

Die Menge des im Harn entfernten unzersetzten Glyzerins entspricht nicht der Menge des aufgenommenen Glyzerins; ja es ist bei grösseren Gaben manchmal ein geringerer Bruchtheil im Harn enthalten.

Es verhält sich hier das Glyzerin bei grossen Gaben ebenso, wie es Rubner [3]) für den Rohrzucker gefunden hat. Bei einem kleinen Hunde von 7 kg Gewicht wurde bei Fütterung mit 80—149 g Rohrzucker sowohl Rohrzucker als auch Traubenzucker im Harn

1) 15 ccm Harn lösten 0,2438 g Kupferoxyd auf, also die 375 ccm Harn des ganzen Tages 6,095 g Kupferoxyd = 6,30 g reines Glyzerin.

2) 15 ccm Harn lösten 0,3001 g Kupferoxyd auf, also die 363 ccm Harn des ganzen Tages 7,026 g Kupferoxyd = 7,45 g reines Glyzerin.

3) M. Rubner, Zeitschr. f. Biologie 1883 Bd. 19 S. 354—358.

ausgeschieden, deren Menge Rubner bestimmte; bei einem grösseren Hunde von 18^{kg} Gewicht konnte nach Aufnahme von 80—145^{g} Traubenzucker kein Zucker im Harn aufgefunden werden. Es muss also ein Ueberschuss von Zucker in den Organismus gelangen, wenn Zucker in den Harn übergehen soll; dies ist auch der Grund, warum Voit früher bei verhältnismässig kleineren Zuckergaben, die sein 35^{kg} schwerer Hund aufnahm, diesen Uebergang nicht beobachtete [1]).

Eine weitere für unsere späteren Berechnungen wichtige Frage ist die, ob im Harn bei Glyzerinfütterung nicht andere Producte enthalten sind, d. h. ob das im Harn nicht gefundene resorbirte Glyzerin im Organismus unvollständig zersetzt wird. Sicherlich ist dies der Fall, wenn sich, wie vorher angegeben, eine das Kupferoxyd stark reducirende Substanz im Harn nach Glyzerinaufnahme vorfindet (Ustimowitsch und Plósz).

Ich habe zu dem Zwecke in der 3. Versuchsreihe die Kohlenstoffbestimmung im Harn nach Fütterung mit 200^{g} Fleisch ohne und mit Glyzerinzusatz gemacht und mit dem Stickstoffgehalt des Harns verglichen.

Es finden sich:

Versuchstag	Nahrung		Im Harn	
	Fleisch	Glyzerin rein	N	C
3. Tag	200	0	6,948	4,370
5. „	200	35,7	7,450	7,621

In den im Harn des 5. Tages gefundenen 7,45^{g} reinen Glyzerins sind (bei 39,12 %) 2,914^{g} Kohlenstoff; also sind im Harn dieses Tages nach Abzug der 2,914^{g} Kohlenstoff noch 4,707^{g} Kohlenstoff enthalten.

1) Seegen hat in einer Abhandlung (Archiv f. die ges. Physiologie 1885 Bd. 37 S. 342), ohne Rubner's frühere Mittheilung zu erwähnen, angegeben, dass bei Fütterung von Hunden mit Rohrzucker ein mehr oder minder grosser Bruchtheil des Rohrzuckers sowohl als Rohrzucker wie als Invertzucker in dem Harn ausgeschieden wird, womit er also nichts neues beibrachte.

Nach Abzug des Kohlenstoffes des im Harn gefundenen reinen Glyzerins verhält sich der Stickstoff zum Kohlenstoff

im reinen Fleischharn . . .	1 : 0,627
nach Aufnahme von Glyzerin .	1 : 0,632
Mittel	1 : 0,630.

Daraus geht hervor, dass bei meinen Versuchen im Glyzerinharn ausser dem Glyzerin kein anderer, kohlenstoffhaltiger Stoff enthalten ist, als im reinen Fleischharn.

Ich musste endlich noch entscheiden, ob im Kothe nicht ein Theil des gefütterten Glyzerins abgeht. Ich machte darin die Glyzerinbestimmung in derselben Weise, wie im Harne. Ich benutzte dazu den Koth der 3. Versuchsreihe, welche 6 Tage währte und bei der der Hund täglich wieder 200 g Fleisch, am 4. Tage unter Zusatz von 32 g käuflichem = 28,6 g reinem Glyzerin, am 5. Tage unter Zusatz von 40,0 g käuflichem = 35,7 g reinem Glyzerin, erhielt. Die auf die 6 Tage treffende Kothmenge wog getrocknet 9,53 g, so dass 1,59 g Trockensubstanz auf den Tag treffen. In 3,90 g frischem = 1,30 g trockenem Koth fand ich zwar etwas Glyzerin vor, aber so wenig, dass durch dasselbe nur 0,045 g Kupferoxyd gelöst wurden, was 0,0462 g Glyzerin entspricht. Von den aufgenommenen 64,3 g Glyzerin sind also 0,34 g = 0,53% nicht im Darme resorbirt worden, eine Grösse, die wohl vernachlässigt werden darf.

Ich kann nun zu der Verwerthung der bei der 1. und 2. Versuchsreihe gefundenen Kohlenstoffzahlen übergehen. Ist das Glyzerin ohne Einfluss auf den Fettumsatz, dann muss um so viel mehr Kohlensäure im Athem austreten, als das zersetzte Glyzerin liefert; hebt es dagegen den Fettumsatz ganz auf, so müsste die Kohlensäureabgabe annähernd gleich bleiben, da 1 g Kohlenstoff im Glyzerin fast den nämlichen calorischen Werth besitzt, wie 1 g Kohlenstoff im Fett; bedingt das Glyzerin sogar eine Vermehrung des Fettzerfalles, so muss die Kohlensäuremenge noch grösser sein wie die Summe der normal ausgeschiedenen Kohlensäuremenge Plus der von dem zersetzten Glyzerin gelieferten. Thatsächlich wird die Kohlenstoffabgabe im Athem durch das Glyzerin etwas grösser, jedoch wesentlich weniger, als dem zersetzten Glyzerin entspricht, so dass also das Glyzerin Fett zu ersparen im Stande ist.

Zur näheren Betrachtung muss zunächst von dem verzehrten Glyzerin die im Harn unverändert wieder ausgeschiedene Glyzerinmenge abgezogen werden; es kann somit der Kohlenstoff des im Körper verbrannten Glyzerins ermittelt werden. Aus der Gesammtstickstoffausscheidung lässt sich der Kohlenstoffgehalt des zersetzten eiweisshaltigen Materials berechnen, da nach Rubner[1]) auf 1 g Stickstoff in dem mit Aether entfetteten Fleisch 3,28 g Kohlenstoff treffen. Zieht man die im zerstörten Eiweiss und im verbrannten Glyzerin enthaltene Kohlenstoffmenge von dem im Harne, im Kothe und in der Respiration enthaltenen Gesammtkohlenstoffe ab, so erhält man den Kohlenstoff, welcher aus dem oxydirten Fette abstammt.

Auf diese Weise bekommt man als Stickstoff- und Kohlenstoffausscheidung

für die I. Versuchsreihe:

Tag	Stickstoff	Kohlenstoff	Kohlenstoff		
			aus Eiweiss	aus Glyzerin	Rest für Fett
1.	6,72	42,99	22,04	—	20,95
2.	6,98	42,15	22,89	—	19,26
3.	7,08	45,89	23,22	12,93	9,74
4.	6,93	48,28	22,73	11,64	13,91
5.	7,60	56,26	24,93	21,15	10,18
6.	8,16	47,14	26,76	—	20,38
7	8,30	41,31	27,22	—	14,09

für die II. Versuchsreihe:

Tag	Stickstoff	Kohlenstoff	aus Eiweiss	aus Glyzerin	Rest für Fett
1.	7,57	50,42	24,83	—	25,59
2.	7,37	51,40	24,17	—	27,23
3.	7,60	58,14	24,93	11,40	21,81
4.	7,39	53,91	24,21	10,90	18,77
5.	8,05	59,43	26,40	20,71	12,32
6.	8,89	51,26	29,16	—	22,10
7.	8,61	50,58	28,24	—	22,34

1) M. Rubner, Zeitschr. . Biologie 1885 Bd. 21 S. 824.

Es geht daraus schon auf den ersten Blick hervor, dass an den Glyzerintagen weniger Fett in den Zerfall gezogen wird, d. h. dass das Glyzerin für einen Theil des Fettes einzutreten und somit Fett zu sparen vermag.

Man kann aber noch tiefer in die Sache eindringen. Es ist nämlich von M. Rubner bekanntlich gezeigt worden, dass sich Eiweiss, Fett und die Kohlehydrate, dann, wenn nicht überschüssige Mengen davon aufgenommen werden, nach ihren calorischen Werthen im Organismus vertreten. Darnach erscheint es als höchst wahrscheinlich, dass alle diejenigen Stoffe, welche im Stande sind, Eiweiss oder Fett im Körper zu ersparen, dies ebenfalls nach ihrem calorischen Werthe thun.

Berechnet man nun die Wärmemenge, welche das Eiweiss, das Fett und das Glyzerin bei ihrer Verbrennung liefern, so erhält man:

für 1 Kohlenstoff des Fettes 12,35 Calorien nach Rubner,

für 1 Kohlenstoff des Glyzerins 11,01 Calorien nach Stohmann,

für 1 Stickstoff des Fleisches 25,95 Calorien nach Rubner.

Daraus berechnen sich an Wärmeeinheiten

für die I. Versuchsreihe:

Tag	Calorien aus N	Calorien aus Glyzerin	Calorien aus Fett	Summa	
1.	174,38	—	258,73	433,11	426,65
2.	181,13	—	237,86	418,99	
3.	183,73	142,36	130,29	456,38	
4.	179,83	128,16	169,69	477,68	
5.	197,22	232,86	124,86	554,94	
6.	211,75	—	250,70	462,45	
7.	215,38	—	173,02	388,40	

für die II. Versuchsreihe:

Tag	Calorien aus N	Calorien aus Glyzerin	Calorien aus Fett	Summa	
1.	196,44	—	316,04	512,48	520,01
2.	191,25	—	336,29	527,54	
3.	197,22	125,51	269,35	592,08	
4.	191,77	120,01	232,37	544,15	
5.	208,90	228,02	152,15	589,07	
6.	230,70	—	272,93	503,63	
7.	223,43	—	275,90	499,33	

In beiden Versuchsreihen werden an den Tagen der Glyzerinzugabe mehr Calorien im Körper erzeugt, d. h. es tritt das Glyzerin für das Fett nicht ganz entsprechend seinem Wärmewerthe ein, es wird mehr Glyzerin zersetzt, als seinem Wärmewerth nach nöthig wäre. Im Allgemeinen ist dieses Plus bei grösseren Glyzeringaben auch grösser.

Man kann ausrechnen, wie viel von dem im Körper verbrannten Glyzerin seinem Wärmewerth nach nicht zur Wirksamkeit kommt, indem man zusieht, wie viel das durch das Glyzerin ersparte Fett Wärmeeinheiten liefert und wie viel Glyzerin hätte verbrennen müssen, um diese Anzahl von Wärmeeinheiten zu liefern, und dann berechnet, wie viel Glyzerin mehr zerstört worden ist.

Dabei ergibt sich:

für die I. Versuchsreihe:

1. Tag	2. Calorien aus Eiweiss und Fett	3. Calorien ersetzt durch Glyzerin	4. Fett erspart in g	5. Glyzerin zersetzt in g	6. Calorien aus zersetztem Glyzerin	7. Nicht zur Wirkung gelangte Calorien (6—3)	8. Nicht zur Wirkung gelangtes Glyzerin in g	9. Nicht zur Wirkung gelangtes Glyzerin in %
1.2.	426,05							
3.	314,02	112,03	11,89	33,06	143,2	31,17	7,2	22
4.	349,52	76,53	8,12	29,76	128,1	51,57	12,2	41
5.	322,08	103,97	11,03	54,07	232,8	128,83	29,9	55
für die II. Versuchsreihe:								
1.2.	520,01							
3.	466,57	53,44	5,68	29,13	125,51	72,07	16,7	57
4.	424,14	95,87	10,17	27,87	120,01	24,14	5,6	20
5.	361,05	158,96	16,87	52,93	228,02	69,06	16,0	30

Man ersieht daraus klar, dass bei den nicht zu grossen Gaben von Glyzerin das Glyzerin seinem Wärmewerthe nach bis auf etwa 20% zur Wirksamkeit gelangt, und nur bei den übermässigen Dosen, welche toxische Nebenerscheinungen hervorrufen, tritt unnöthige Steigerung in der Zersetzung und eine unnöthige Wärmebildung auf. Es liegt nahe, anzunehmen, dass diese Nebenerscheinungen die grössere Zersetzung bedingen.

Die von mir angewandten Gaben von Glyzerin (7—11 g auf 1 kg Hund) gehören schon zu denen, welche nach den Angaben der

meisten Autoren die Thiere im Laufe von 24 Stunden und unter den Erscheinungen der heftigsten Einwirkung auf den Körper tödten.

Hämaturie haben trotz der grossen, in den Magen eingebrachten Dosen von Glyzerin wie gesagt weder Lewin und Tschirwinsky, noch ich gesehen; sie scheint nur bei subcutaner Beibringung des Glyzerins aufzutreten, wo mehr Glyzerin in der Zeiteinheit zur Resorption und Wirksamkeit gelangt. Mein Hund zeigte nach reichlicher Glyzerinaufnahme grosse Unruhe, er erbrach und fühlte sich jedenfalls höchst unbehaglich. Die Wirkung des Glyzerins steigert sich von Tag zu Tag, auch wenn die Dosis nicht vergrössert wird. Ich glaubte an den späteren Tagen, ja selbst an den Tagen, an welchen das Glyzerin nicht mehr gegeben wurde, auch Fiebererscheinungen wahrzunehmen; die Temperatur des Hundes war bei der 2. Versuchsreihe am 6. Tage 39,1°, am 7. Tage 38,9°, während ich sonst nur 38,2—38,3° an ihm maass. Ich bin geneigt, die Steigerung in der Stickstoffausscheidung im Harne in beiden Versuchsreihen am 5. Tage bei der grossen Gabe von Glyzerin und am 6. und 7. Tage nach Weglassen des Glyzerins von diesen Fieberbewegungen abzuleiten.

Ich bin überzeugt, dass bei kleineren Gaben von Glyzerin, welche jene Nebenerscheinungen nicht hervorbringen, wie sie z. B. von J. Munk angewendet worden sind, das Glyzerin ebensoviel Fett erspart, als seinem Wärmewerthe entspricht. Darnach würden 100 g Fett 219 g Glyzerin gleichbedeutend sein.

Es steht vollkommen fest, dass das Glyzerin für das Fett einzutreten vermag; es ist offenbar leichter zersetzlich, als das Fett. Es besitzt demnach einen Nährwerth, da es Fett erspart, und es ist als ein Nahrungsstoff zu betrachten.

Allerdings besitzt das Glyzerin kein besonderes praktisches Interesse, weil es für gewöhnlich als solches nicht oder nur in geringer Menge aufgenommen wird, wie in den gegorenen Getränken, im Wein (zu 0,67—1,43%) und im Bier (zu 0,05—0,3%); in mit Glyzerin versetztem Bier oder in scheelisirtem Wein ist es enthalten; in den verzehrten Neutralfetten kommt es in gebundenem Zustand nur zu etwa 9% vor, ebenso ist es in dem im Gehirn und anderen Nahrungsmitteln aufgenommenen Lecithin als Glyzerinphosphorsäure

enthalten. Prof. Soxhlet hat jedoch ausgerechnet, dass die mit Biertrebern gefütterten Kühe nicht unbeträchtliche Mengen von Glyzerin erhalten.

Man hat früher vorgeschlagen, anstatt des Fettes oder Leberthrans Kranken zur besseren Ernährung Glyzerin zu geben, wozu man durch sein ölartiges Aussehen sich bestimmen liess; Manche wollten davon auch gute Erfolge und eine Zunahme des Gewichtes bei Zufuhr von 50—100 g Glyzerin gesehen haben; ich sehe nicht ein, welchen Vorzug das Glyzerin vor einem leicht schmelzbaren Fett haben soll, da viel mehr Glyzerin nöthig ist, um die gleiche Wirkung wie Fett in Beziehung der Aufhebung eines Verlustes von Fett im Körper auszuüben, und da aus Glyzerin wohl niemals Fett zum Ansatze gelangt.

Eine Zeit lang wurde auch Glyzerin bei Diabetes verabreicht und zwar nach der von Schultzen aufgestellten Hypothese, wonach dabei das Ferment fehlen solle, welches den Zucker in Glyzerin und Glyzerinaldehyd spaltet; Einige glaubten auch nachgewiesen zu haben, dass das gegebene Glyzerin leicht verbrenne und den Zuckergehalt des Harnes herabsetze, was aber von Külz und Anderen als unrichtig erwiesen worden ist.

Die Frage nach dem Nährwerthe des Glyzerins hat aber eine theoretische Bedeutung, da man daraus wiederum klar ersieht, wie man die Rolle einer Substanz als Nahrungsstoff erkennen kann. Prof. Voit hat stets hervorgehoben, dass man dies nur durch Untersuchung der stofflichen Wirkung einer solchen Substanz auf den Zerfall von Eiweiss und Fett im Thierkörper vermag. Kein anderes Moment ist hierfür maassgebend. Die Thatsache der Ersparung oder Nichtersparung von Eiweiss im Organismus lässt nicht auf einen gleichen Einfluss auf das Fett schliessen. Wenn ein organischer Stoff im Thierkörper zersetzt und oxydirt wird oder Wärme liefert, so lässt sich noch nicht schliessen, dass er ein Nahrungsstoff sei, da man nicht weiss, ob der Stoff nicht gewisse Nebenwirkungen besitzt, welche die Zersetzung von Eiweiss oder Fett steigern, wie z. B. grössere Mengen von Glyzerin oder der Alkohol. Es ist noch aus einem anderen Grunde aus dem calorischen Werthe einer Substanz nicht ohne weiteres deren Nährwerth zu entnehmen, denn

man weiss nicht, ob die daraus entstandene Wärme dem Körper auch zu gute kommt; es könnte ja diese Wärme infolge der Neben-eigenschaft der Substanz, die Blutgefässe der Haut auszudehnen, alsbald wieder abgegeben werden, ja es könnte sogar noch mehr Wärme verloren gehen, als die verbrannte Substanz geliefert hat. In dieser Art scheint es sich mit dem Alkohol zu verhalten, der wahrscheinlich keinen erheblichen Nährwerth besitzt, trotzdem er verbrennt und Wärme erzeugt, aber dennoch den Kern des Körpers abkühlt.

Ueber die Ausnützung des Weizenklebers im Darmkanale und über die Verwendung desselben zur Ernährung des Menschen.

Von

Dr. Alexander Constantinidi aus Manchester.

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu München.)

Von den zur Ernährung nothwendigen organischen Nahrungsstoffen, den eiweissartigen Stoffen, dem Fett und den Kohlehydraten (vorzüglich in der Form von Stärkemehl) ist für die ärmeren Volksklassen, sowie für die Kost in Gefängnissen und Armenanstalten u. s. w., das Stärkemehl am leichtesten zu erhalten; es ist in gewissen Nahrungsmitteln, z. B. den Kartoffeln, auch dem Reis oder dem Mais u. s. w. wohlfeil zu bekommen, wogegen das Fett und das Eiweiss wesentlich theurer sind. Eine gute Nahrung ist gewöhnlich reicher an Fett und Eiweiss, aber ärmer an Kohlehydrat als eine schlechte und ungenügende.

Es wäre wohl möglich, Fett so billig zu beschaffen, dass es für Verbesserung der Volksnahrung Verwendung finden könnte; die Mengen der gewöhnlichen Fette, welche aus den gewaltigen Thiervorräthen Amerikas u. s. w. in den Handel kommen, sind so gross, dass gewiss ohne wesentliche Erhöhung der Kosten der Ueberschuss von Kohlehydraten in der schlechten Volksnahrung durch eine genügende Quantität solcher Fette zu ersetzen wäre. Auch die Fette aus Seethieren sowie aus Pflanzen liessen sich zu dem besagten Zwecke benützen.

Schwieriger ist es mit der Beschaffung wohlfeilen Eiweisses. Es ist die Aufgabe, in einem eiweissreichen Nahrungsmittel oder in einem irgendwie abfallenden eiweissartigen Stoffe ein Eiweiss zu erhalten, welches wesentlich weniger kostet als das Eiweiss in unseren gebräuchlichen Nahrungsmitteln, z. B. in frischem Fleische oder in Leguminosen oder in Weizenmehl u. s. w.

Man hat vielfach getrocknetes Fleisch verwendet. An der Sonne gedörrtes Fleisch von Büffeln ist als Charqué in Amerika längst gebräuchlich und wird zur Herstellung des Pemmican benützt; in Norwegen und Schweden bereitet man ein Mehl aus Stockfischfleisch; die nach der Bereitung des Fleischextractes abfallenden Fleischrückstände, welche jetzt wegen ihres schlechten Geruches höchstens zum Viehfutter in Verwendung kommen, werden gewiss noch für die Ernährung des Menschen brauchbar hergestellt; vielleicht gelingt es auch, das nicht ausgelaugte Fleisch der Heerden überseeischer Länder für unsere Bedürfnisse nutzbar zu machen. Das Meer birgt einen noch unerschöpflichen Reichthum an wohlfeilen eiweissreichen Nahrungsmitteln, die, wenigstens für unsere Binnenländer, noch lange nicht genügend ausgebeutet werden. Das nach der Entfettung der Milch mittels der Centrifuge in Lösung bleibende Casein ist eine weitere reichlich fliessende Quelle von wohlfeilem Eiweiss; es wird dasselbe gewiss noch in irgend einer Weise, z. B. in Magerkäse, seine geeignete Verwerthung finden.

Schon lange hat man auf den bei der Stärkemehlbereitung aus Weizenmehl in Massen abfallenden Kleber, mit dem man nichts Rechtes anzufangen wusste, die Aufmerksamkeit gerichtet. Man suchte ihn in einer Weise darzustellen, dass man ihn in der Küche verwerthen konnte, indem man ihn z. B. in Brod einbackte.

Herr Karl August Guilleaume in Köln mischte den in seiner Fabrik bei der Stärkemehlherstellung gewonnenen Kleber dem zur Bereitung von Maccaroninudeln verwendeten Weizenmehl in gewisser Menge bei. M. Rubner hat mit diesem Präparate Ausnützungsversuche an Menschen gemacht, auf welche ich später noch eingehen werde.

Herr Dr. Johannes Hundhausen in Hamm in Westfalen hat sich ebenfalls bemüht, den Kleber, welchen er in seiner Weizen-

puderfabrik erhielt, nutzbar zu machen. Er stellte mehrere Präparate her. Zunächst aus Weizenkorn und aus Weizenmehl; das Präparat aus dem Weizenkorn ist etwas kleiehaltig und würde sich für 1 kg auf etwa 60 Pfg. stellen, das aus dem Weizenmehl auf etwa 70 Pfg. und zwar nach den heutigen Weizenpreisen. Man kann ferner das Klebermehl ganz fein sieben oder es etwas gröber lassen, in welch' letzterer Form es billiger ist; von dem Rohproducte aus dem Weizenkorne kostet das Kilo 60 Pfg., von der einfachen Siebung 66 Pfg., von der feinsten Siebung 74—80 Pfg.

Da das Kilo des aus dem Weizenkorn dargestellten gröberen Kleberpulvers nur auf 60 Pfg. zu stehen kommt, so wäre es wohl möglich, diesen Kleber für die Volksernährung als eiweissreiches Zusatzmittel zu eiweissarmen Nahrungsmitteln, namentlich zu den wegen ihres geringen Eiweissgehaltes häufig im Unmaasse verzehrten Kartoffeln, zuzusetzen.

Ehe man aber sich bemüht, den Kleber dafür zu verwerthen, ist es zunächst nothwendig, sich zu überzeugen, ob derselbe auch im Darmkanale genügend ausgenützt wird, namentlich dann, wenn man ihn mit den eiweissarmen Kartoffeln, welche eine grössere Kothmenge liefern, darreicht. Es wäre ja nicht unmöglich, dass er in diesem Falle mit dem reichlichen Koth zum grossen Theile unbenutzt wieder ausgeschieden würde. Ausser diesem praktischen Gesichtspunkte knüpfen sich daran noch einige theoretische Fragen, weshalb ich es gerne unternahm, einige Versuche über die Verwerthung des Klebers am Hunde und am Menschen anzustellen, bei welchen mir Herr Dr. Erwin Voit, Assistent am physiologischen Institute, vielfach behilflich war. Ich sage demselben daher an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank.

Ich verwendete zu den Versuchen den von Dr. J. Hundhausen aus Weizenmehl dargestellten und gütigst überlassenen Kleber, der gröber gemahlen und nicht weiter gesiebt war und etwa eine Korngrösse wie Gries besass.

Zunächst habe ich die Zusammensetzung dieses Kleberpräparates ermittelt.

Es wurde in der lufttrockenen Substanz der Gehalt an Stickstoff, an Fett, Stärkemehl, Cellulose und unorganischen Bestand-

theilen bestimmt[1]) und auf bei 100° getrocknete Substanz umgerechnet. Ich erhielt dabei:

Stickstoff . . .	13,77
Fett	0,27
Stärkemehl . .	7,01
Cellulose . . .	0,45
Asche	0,78

Die 13,77 Stickstoff, welche zum weitaus grössten Theile im Klebereiweissstoffe enthalten sind, entsprechen 82,6g Klebereiweissstoff bei 16,67% Stickstoff des letzteren im Mittel; oder es geben 100g Substanz nach Abzug des Fettes, des Stärkemehles, der Cellulose und der Asche 15,05% Stickstoff. In dem Kleber finden sich bekanntlich mehrere Pflanzeneiweissstoffe, nämlich das Glutencasein, das Glutenfibrin, das Gliadein oder der Pflanzenleim und das Mucedin[2]). Im trockenen Rohkleber fand Ritthausen im Mittel 13,64% Stickstoff (12,54—15,25%).

I. Versuche am Hunde.

Ich habe geglaubt zunächst zur Orientirung einige Versuche am Hunde anstellen zu sollen. Man weiss zwar, dass derselbe sehr vollständig und in grosser Menge die Eiweissstoffe des Fleisches verwerthet, aber ob er auch die im Wasser unlöslichen Pflanzeneiweissstoffe ausnutzt, das ist wohl wahrscheinlich aber doch nicht mit Sicherheit von vornherein zu sagen, wenigstens werden von dem Eiweissstoffe des Schwarzbrodes nach den Versuchen von E. Bischoff und G. Mayer 17—19% in seinem Darmkanale nicht resorbirt.

1) Die Bestimmungen geschahen in der wohlgemischten und bei Luftabschluss aufbewahrten, lufttrockenen Substanz. Der Stickstoff wurde nach Will-Varrentrapp bestimmt. Das als Fett bezeichnete ist das durch Auskochen mit Aether im Soxhlet'schen Entfettungsapparate erhaltene. Das Stärkemehl wurde nach der von Sachsse angegebenen Methode (Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. 17 S. 231) durch verdünnte Salzsäure in Zucker übergeführt und dieser nach dem Allihn'schen Reductionsverfahren (Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. 20 S. 343) ermittelt. Die Cellulosebestimmung geschah durch Kochen mit 4% Salzsäure und 2,5% Alkalilauge und schliessliches Waschen mit Wasser, Alkohol und Aether.

2) H. Ritthausen, die Eiweisskörper der Getreidearten, Hülsenfrüchte und Oelsamen, 1872.

Der Kleber wurde, um ihn dem Thiere leicht beizubringen und dasselbe auf seinem stofflichen Bestande zu erhalten, mit so viel Speck gemischt als nothwendig ist, um den Fettverlust vom Körper zu verhüten. Der Speck wurde mit der Scheere in kleine Stücke geschnitten und dann das Kleberpulver dazu geschüttet und gut gemischt. Es entstand so eine Mischung, welche der Hund alsbald gierig auffrass.

Der auf jeden Tag treffende Harn wurde mittels des Catheters bei dem weiblichen Thiere völlig entleert und auf seinen Gehalt an Stickstoff nach Schneider-Seegen untersucht.

Der auf die Versuchszeit treffende Koth wurde durch Darreichen von Knochen ein oder zwei Tage vor und ein oder zwei Tage nach dem Versuche genau abgegrenzt. Derselbe wurde auf seinen Gehalt an Wasser, an Stickstoff und Mineralbestandtheilen sowie auf die Menge des Aether-Alkohol- und Wasserextractes untersucht.

1. Dreitägige Versuchsreihe an einem 24 kg schweren Hund am 8., 9., 10. Dezember 1885, von 9 Uhr vormittags bis 9 Uhr vormittags des nächsten Tages.

Das Thier erhielt täglich 100 g lufttrockenen (= 89,04 g bei 100° getrockneten) Kleber mit 100 g Speck.

Nach der vorher mitgetheilten Analyse des Klebers waren in der lufttrockenen Substanz (bei 10,955 g Wasser) enthalten

	in 300 Kleber für 3 Tage.	in 100 Kleber für 1 Tag
Wasser	32,865	10,955
Stickstoff	36,784	12,261
Fett	0,718	0,239
Stärkemehl	18,726	6,242
Cellulose	1,199	0,399
Asche	2,094	0,698

Der geräucherte Speck enthält nach Fr. Hofmann's Analyse[1]) im Mittel:

1) Franz Hofmann, Zeitschr. f. Biol., 1872 Bd. 8 S. 166.

	in 300 Speck für 3 Tage	in 100 Speck für 1 Tag
Wasser	8,85	2,95
Bindegewebe	4,20	1,40
Stickstoff	0,66	0,22
Fett	286,80	95,60

Das Thier erhielt demnach im Tage 73,56g Klebereiweissstoff (bei 16,67% Stickstoff) und 1,40g Eiweiss im Bindegewebe des Speckes (bei 16% Stickstoff), im Ganzen also 74,96g Eiweiss, ferner 95,84g Fett, 6,24g Stärkemehl und 0,70g Asche.

Es kamen nun während der 3 Tage im Harn zur Ausscheidung:

	Tag Dezember.	Menge des Harns in ccm	Menge des Stickstoffes.
1.	8.	360	11,388
2.	9.	360	12,049
3.	10.	340	11,769
		1060	35,206

Der auf die 3 Tage fallende dunkelgefärbte, pechartige, wie Hunger- oder Fleischkoth aussehende, neutrale Koth wog frisch 56,08g und trocken 20,65g (36,82% feste Theile); für den Tag treffen also 18,69g frischer und 6,88g trockener Koth.

Durch die Analyse ergab sich in 100g trockenem Koth, sowie in den 20,65g der ganzen Reihe und in den 6,88g eines Tages:

	in 100 g	in 20,65 g	in 6,88 g
Stickstoff	6,30	1,302	0,433
Asche	34,31	7,09	2,361
Aetherextract	14,21	2,93	0,98
Alkoholextract	8,67	1,79	0,60
Wasserextract	24,02	4,97	1,66
Rückstand	51,13	10,56	3,52
	98,03	20,25	6,75

In dem Aetherextracte befinden sich Neutralfett, Fettsäuren, Cholalsäure, Cholestearin u. s. w. Da die Menge des auf den Tag treffenden Aetherextractes nur gering ist gegenüber der Menge des verzehrten Fettes und die Fettsäuren nur wenig mehr Neutralfett

entsprechen, so darf man, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, aus dem Aetherextract des Kothes die Ausnützung des Fettes im Darmkanale berechnen.

Im Alkoholauszug sind die Seifen und das allenfalls vorhandene cholalsaure Alkali vorhanden. Nach dem Verjagen des Alkohols und Versetzen des Rückstandes mit saurem Wasser blieben von 100g trockenem Alkoholextract 42,96g unlöslich zurück, die also zweifellos aus Cholalsäure und aus Seifen abgespaltenen Fettsäuren bestehen.

Im Wasserextracte sind enthalten:

	in 100 trockenem Wasserextracte	in 4,97 trockenem Wasserextracte
Stickstoff	10,82	0,537
Asche	19,32	0,96

Im Rückstande nach der Extraction mit Aether, Alkohol und Wasser sind enthalten:

	in 100 trockenem Rückstande	in 10,56 trockenem Rückstande
Stickstoff	5,63	0,59
Asche	58,03	6,13

In 100 organischer Substanz des Kothes finden sich:

an Aetherextract	22,30%
„ Alkoholextract . . .	13,61
„ Wasserextract . . .	30,41
„ Rückstand	33,68
	100,00

Aus diesen Zahlen habe ich berechnet, wie viel in den aus 100g trockenem Koth und aus dem auf 3 Tage und 1 Tag treffenden Koth enthaltenen Extracten organische Substanz, sowie Stickstoff und Asche eingeschlossen ist, wobei sich ergab:

	aus 100 trockenem Kothe			aus 20,65 trockenem Kothe			aus 6,88 trockenem Kothe		
	org. Substanz	Stickstoff	Asche	org. Substanz	Stickstoff	Asche	org. Substanz	Stickstoff	Asche
Aetherextract	14,21	—	—	2,93	—	—	0,98	—	—
Alkoholextract	8,67	0,823[1]	—	1,79	0,17	—	0,60	0,05	—
Wasserextract	19,38	2,60	4,64	4,01	0,54	0,96	1,34	0,18	0,32
Rückstand	21,46	2,88	29,67	4,43	0,59	6,13	1,48	0,20	2,04
	63,72	6,303	34,31	13,16	1,30	7,09	4,40	0,43	2,36

1) Aus der Differenz gerechnet.

Vergleicht man nun die Bestandtheile der Einnahmen und die der Ausgaben während der 3 Versuchstage, so ersieht man zunächst, dass einer Einnahme von 37,44 g Stickstoff eine Ausgabe von Stickstoff im Harn von 35,206 g und im Koth von 1,302 g, sohin im Ganzen von 36,508 g entsprechen; es hat sich daher der Hund mit einer täglichen Zufuhr von 100 g Kleber unter Zusatz von 100 g Speck auf seinem Eiweissbestande erhalten, ja er hat dabei noch etwas Stickstoff im Körper (0,93 g) angesetzt.

Der Kleber ist im Darmkanale des Hundes, nach der Stickstoffmenge desselben und der Stickstoffausscheidung im Kothe berechnet, sehr gut ausgenützt worden, der Verlust durch den Koth beträgt höchstens 3,5%. Es ist nämlich zu bedenken, dass der im Kothe enthaltene Stickstoff nicht ganz dem Residuum der Nahrung angehört, sondern auch dem Residuum der Verdauungssäfte und anderen Ausscheidungen aus dem Darmkanale; ja man kann sagen, dass beim Fleischfresser bei Aufnahme von Fleisch so gut wie aller Stickstoff des Kothes letzterer Kategorie zugehört.

Das Fett der Nahrung beträgt 95,84 g, das Fett im Kothe 2,93 g, so dass das Fett bis auf 3,05% im Darmkanale resorbirt worden ist.

2. Fünftägige Versuchsreihe an einem 24 kg schweren Hund am 15., 16., 17., 18. und 19. Januar 1886.

Da beim 1. Versuche die Menge des Kothes eine geringe war, so machte ich mit dem nämlichrn Hunde noch einen 2. Versuch, aber während 5 Tagen, wobei er mehr lufttrockenen Kleber, nämlich 200 g im Tage, mit nur 50 g Speck und 2,5 g Kochsalz erhielt.

Ich liess den Kleber 15 Stunden lang in 250 ccm einer 1 proc. Kochsalzlösung aufquellen und gab die 50 g geschabten Specks hinzu und mischte innig zusammen.

Um die Abgrenzung des Kleberkothes durch Knochen möglichst scharf zu machen, habe ich dem Hunde zwei Tage vor Beginn der Versuchsreihe die Knochen dargereicht und ihn den folgenden Tag hungern lassen; ebenso wurde nach Abschluss der Reihe ein Hungertag eingeschoben und am Tage darauf erst wieder Knochen gegeben.

Ich berichte zunächst wieder über die Zusammensetzung der Einnahmen. Das Thier erhielt:

	in 1000 Kleber für 5 Tage	in 200 Kleber für 1 Tag
Wasser	109,55	21,911
Stickstoff	122,615	26,802
Fett	2,377	0,475
Stärkemehl	62,420	12,484
Cellulose	3,998	0,799
Asche	6,981	1,396

	in 250 Speck für 5 Tage	in 50 Speck für 1 Tag
Wasser	7,35	1,47
Bindgewebe	3,50	0,70
Stickstoff	0,55	0,11
Fett	239,00	47,80

Die tägliche Einnahme des Thieres enthielt demnach 147,10g Kleber (bei 16,67% Stickstoff) und 0,70g Eiweiss im Bindegewebe des Speckes (bei 16% Stickstoff), im ganzen also 147,80g Eiweiss. Ausserdem 48,27g Fett, 12,48g Stärkemehl und 3,9g Mineralbestandtheile.

Im Harn wurden an den 5 Versuchstagen ausgeschieden:

	Tag Januar	Menge des Harns in ccm	Menge des Stickstoffes
1.	15.	600	23,100
2.	16.	590	23,333
3.	17.	570	24,053
4.	18.	500	25,238
5.	19.	510	25,285
		2770	121,009

Der erste Kleberkoth wurde erst am 4. Versuchstage entleert, der letzte am 2. Tage nach Abschluss der Reihe mit dem Knochenkothe.

Derselbe war dunkel gefärbt, ziemlich consistent und hatte abermals das Ansehen wie Koth nach Fütterung mit Fleisch. Der Koth der ganzen Versuchsreihe wog frisch 132,79g und trocken 50,13g (37,75% feste Theile); auf den Tag fallen daher 26,56g frischer und 10,02g trockener Koth.

Nach den bei der Analyse des Kothes erhaltenen Zahlen berechnen sich für 100 g trockenen Koth, dann für die 50,13 g der 5 Versuchstage und für 10,02 g eines Versuchstages folgende Werthe:

	in 100 g	in 50,13 g	in 10,02 g
Stickstoff	6,52	3,26	0,652
Asche	13,73	6,892	1,378
Aetherextract	13,785	6,91	1,38
Alkoholextract	8,110	4,06	0,81
Wasserextract	16,615	8,33	1,67
Rückstand	60,870	30,51	6,10
	99,38	49,81	9,96

In 100 g trockenem Alkoholextract waren in saurem Wasser 30,32 g unlöslich (Cholalsäure und Fettsäuren).

Im Wasserextracte fanden sich:

	in 100 trockenem Wasserextracte	in 8,33 trockenem Wasserextracte
Stickstoff	11,47	0,955
Asche	9,37	0,779

In dem nach der Erschöpfung des Kothes mit Aether, Alkohol und Wasser bleibenden Rückstande waren:

	in 100 trockenem Rückstande	in 30,51 trockenem Rückstande
Stickstoff	6,70	2,044
Asche	20,105	6,106

Für 100 g organische Substanz des Kothes berechnen sich:

an Aetherextract	16,10 %
„ Alkoholextract . . .	9,46
„ Wasserextract	17,60
„ Rückstand	56,84
	100,00

In den Extracten, welche aus 100 g trockenem Kothe, sowie aus der für die 5 Versuchstage und auf 1 Versuchstag treffenden Kothmenge erhalten worden sind, sind organische Substanz, Stickstoff und Asche:

	aus 100 trockenem Kothe			aus 50,18 trockenem Kothe			aus 10,02 trockenem Kothe		
	org. Substanz	Stickstoff	Asche	org. Substanz	Stickstoff	Asche	org. Substanz	Stickstoff	Asche
Aetherextract	13,78	—	—	6,91	—	—	1,38	—	—
Alkoholextract	8,11	0,53	—	4,06	0,266	—	0,51	0,05	—
Wasserextract	15,07	1,91	1,55	7,55	0,957	0,777	1,51	0,19	0,155
Rückstand	48,69	4,08	12,18	24,40	2,045	6,105	4,88	0,41	1,220
	85,65	6,52	13,73	42,92	3,268	6,882	8,28	0,65	1,375

Auch in diesem 2. Versuche hat der Hund sich auf seinem Bestande an Eiweiss bei Fütterung mit dem Kleber erhalten. Er hat in den 5 Versuchstagen aufgenommen 123,16 g Stickstoff, und im Harn und Koth 124,269 g Stickstoff ausgeschieden, im Harne 121,009 g und im Kothe 3,26 g. Die Ausnützung des Klebers im Darmkanale des Hundes war abermals eine sehr gute, höchstens 2,6% gingen unausgenützt weg. Die 200 g Kleber wurden daher nicht minder gut im Tage verwerthet, als die 100 g im 1. Versuche.

Die Menge des Fettes in der Nahrung betrug 241,4 g, die Menge des Aetherextractes im Kothe 6,91 g; das Fett wurde also bis auf 2,8% resorbirt.

Aus den im hiesigen physiologischen Institute gemachten Untersuchungen geht hervor, dass der Koth beim Fleischfresser nach Fütterung mit Fleisch für sich allein oder unter Zusatz von mässigen Mengen von Fett oder Kohlehydraten im Wesentlichen aus dem Residuum der Verdauungssäfte und den Ausscheidungen in den Darmkanal besteht; der Koth hat in diesen Fällen eine ähnliche Zusammensetzung wie der beim Hunger oder während der Fötalperiode erzeugte Koth, und er wird bei voller Fütterung in nur wenig grösserer Quantität entleert wie beim Hunger. Die Menge des auf den Tag treffenden trockenen Kothes betrug bei einem grossen Hunde von 35 kg Gewicht bei Hunger 2 g (mit 0,2 g Stickstoff), bei reichlichster Fütterung mit Fleisch 10 g (mit 0,7 g Stickstoff). Es steht demnach die Menge des trockenen Kothes oder sein Stickstoffgehalt durchaus nicht im Verhältniss zur Menge des verfütterten Fleisches; die grössere Menge des Kothes bei Fütterung mit steigenden Fleischmengen rührt von der dadurch hervorgerufenen Vermehrung der Verdauungssäfte her; Prof. Voit hat dem entsprechend beobachtet, dass ein Hund, der beim Hunger im Tag 3,4 g trockene Galle lieferte,

bei reichlicher Fleischaufnahme 12g, also dreimal mehr abschied. Das Gleiche sehen wir auch bei meinen beiden Kleberversuchen. Der Koth wurde beide Male nur in geringer Menge entleert, im 1. Versuche 6,88g trocken im Tage, im 2. Versuche 10,02g; obwohl im 2. Versuche doppelt so viel Kleber verzehrt wurde, nämlich statt 100g 200g, beträgt die Mehrung des trockenen Kothes nur 3,14g. Der Koth zeigte die gleiche schwarze Farbe und die nämliche pechartige Consistenz wie der Hungerkoth oder der reine Fleischkoth.

Die Betrachtung der Extracte des Kothes lehrt ebenfalls, dass auch der Kleberkoth grösstentheils aus dem Residuum der Verdauungssäfte besteht. Zur besseren Uebersicht stelle ich die Menge der in beiden Versuchen aus dem täglichen Kothe erhaltenen Extracte nochmals zusammen.

	I. Versuch		II. Versuch	
	Menge	N darin	Menge	N darin
Aetherextract	0,98	—	1,38	—
Alkoholextract	0,60	0,05	0,81	0,05
Wasserextract	1,66	0,18	1,67	0,19
Rückstand	3,52	0,20	6,10	0,41
(davon organisch	1,48	—	4,88)	—
	6,75	0,43	9,96	0,65

Das Aetherextract ist im 2. Versuche in etwas grösserer Menge vorhanden, obwohl im 2. Versuche nur 50g Speck, im 1. aber 100g Speck gegeben wurden. Es kann demnach das Aetherextract nur zum Theile aus nicht völlig resorbirtem Fett der Nahrung bestehen.

Das Alkohol- und Wasserextract sind beide Male in nahezu gleicher Menge vorhanden. Im Rückstande findet sich beim 2. Versuche nur wenig mehr organische Substanz.

Die Menge des im täglichen Kothe ausgeschiedenen Gesammtstickstoffes ist im 2. Versuche nur sehr wenig (0,22g) grösser als im 1. Versuche, obwohl im 2. Versuche täglich 14,4g Stickstoff mehr eingenommen wurden als im 1. Versuche. Auch die Stickstoffmengen der einzelnen Extracte zeigen kaum Unterschiede. Die Menge von 0,43 und 0,65g Stickstoff im täglichen Kothe ist sehr gering; man kann jedoch darthun, dass selbst diese geringe Quantität, wenigstens

zum grössten Theile, nicht von dem verzehrten Kleber herrührt. Rieder[1]) hat gezeigt, dass im Kothe nach Aufnahme stickstofffreier Substanz sich mehr Stickstoff befindet, als beim Hunger, offenbar, da bei der Fütterung mehr Verdauungssäfte erzeugt werden. Ein kleiner Hund von 7 kg Gewicht, welcher bei neuntägigem Hungern im Tage im Mittel 1,32 g trockenen Koth mit 0,095 g Stickstoff geliefert hatte, sonderte bei Fütterung mit 60 g Stärkemehl und 6 g Fett 3,04 g trockenen Koth mit 0,11 g Stickstoff ab; später bei Fütterung mit 120 g Stärkemehl und 12 g Fett 5,95 g trockenen Koth mit 0,22 g Stickstoff. Der zu meinen Kleberversuchen benützte Hund wog 24 kg und scheidet jedenfalls mehr an Verdauungssäften ab, als der nur 7 kg schwere Hund Rieder's, so dass der bei Kleberfütterung im Koth erschienene Stickstoff sicherlich zum grössten Theile durch den Stickstoff der Verdauungssäfte gedeckt wird.

II. Versuche am Menschen.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass der Kleber im Darme des Fleischfressers vortrefflich ausgenützt wird, ging ich daran, die Sache beim Menschen zu untersuchen, da ja vorzüglich für seine Ernährung der Kleber Verwendung finden soll.

Als Versuchsobject diente der 74 kg schwere Diener im Laboratorium, welcher schon zu vielen Ausnützungsversuchen verwendet worden war und sich sehr gut dazu eignet, da er die verschiedenartigsten Gemische mit Appetit verzehrt.

Die Versuche währten je 3 Tage; es wäre nicht gerathen, längere Zeit dieselben fortzusetzen, da beim Menschen nur allzu leicht ein Widerwillen gegen die gleichförmige Kostordnung eintritt; wir sind zu sehr an die Abwechslung in unseren Speisen und an die verschiedene Zubereitungsweise derselben gewöhnt.

Die Abgrenzung des Kothes geschah wie früher durch Darreichung von Milch vor Beginn und nach Abschluss der Versuchsreihe. Ich habe diese Art der Abgrenzung beim Menschen für die meisten Fälle als die beste gefunden. Nur am Schlusse des 2. Versuches am Menschen grenzte ich durch Aufnahme von einen pechschwarzen Koth liefernden Blutwürsten ab, weil die Milch nach

1) Rieder, Zeitschr. f. Biol. 1884 Bd. 20 S. 378.

reichlicher Aufnahme von Kohlehydraten leicht Diarrhöen hervorruft, wodurch die Abgrenzung eine schwierige wird.

A. Erster Versuch mit Kleber am 10., 11. und 12. Februar 1886.

Da der Kleber, wenn er für die Volksernährung verwendet werden soll, zur Verbesserung von wohlfeilen eiweissarmen und stärkemehlreichen Nahrungsmitteln, namentlich von Kartoffeln, dienen soll, so habe ich bei diesen Versuchen am Menschen als hauptsächlichstes Nahrungsmittel Kartoffeln gegeben. Es wurden täglich 1700 g geschälte Kartoffeln mit 1000 g Wasser gekocht, die Masse dann zu einem dicken Brei zerstampft und dazu 100 g Butterschmalz und 200 g lufttrockener Kleber zugemischt, nachdem er über Nacht mit 200 ccm einer 1 proc. Kochsalzlösung aufgequollen war. Zum Kartoffelbrei wurden noch 8,01 g Kochsalz zugesetzt, so dass der Mann im Tage 10,01 g Kochsalz aufnahm. Ausserdem trank er noch 600 ccm Wasser und 500 ccm Bier.

Die zum Versuche verwendeten Kartoffeln enthalten nach meiner Analyse Folgendes: In 100 g rohen geschälten Kartoffeln sind 25,67 % feste Theile und 74,33 % Wasser.

100 g trockene Kartoffeln enthalten:

Stickstoff . .	1,495 %	Fett	0,104 %
Stärkemehl .	78,410 %	Cellulose . .	1,110 %
	Asche	3,655 %	

Rubner[1]) bestimmte in 100 g rohen Kartoffeln 26,62 % feste Theile mit 1,40 % Stickstoff und 3,24 % Asche, was mit meinen Zahlen gut übereinstimmt.

In obiger Kost nahm der Mann in den 3 Versuchstagen auf:

	in 1309,2 trockenen Kartoffeln	in 534,3 trockenem Kleber	in 300 Schmalz	in 1500 ccm Bier
Stickstoff	19,572	73,569	—	1,95
Fett	1,361	1,426	300,00	—
Stärkemehl etc.	1026,520	37,452	—	74,82
Cellulose	14,531	2,390	—	—
Asche	47,850	4,188	—	3,00

1) Rubner, Zeitschr. f. Biol. 1879 Bd. 15 S. 147.

Dies gibt eine tägliche Einnahme von:

	Stickstoff	Fett	Stärkemehl	Cellulose	Asche
in 1700 Kartoffeln	6,524	0,454	342,170	4,844	15,95
200 Kleber	24,523	0,475	12,484	0,796	1,396
100 Schmalz	—	100,000	—	—	—
500 ccm Bier	0,650	—	24,940	—	1,00
10,01 Kochsalz	—	—	—	—	10,01
1600 ccm Wasser	—	—	—	—	—
Summa	31,697	100,929	379,594	5,640	—

Im Harn wurden ausgeschieden:

Tag	Februar	Menge in ccm	Stickstoff	spec. Gewicht	Reaktion
1.	10.	1920	22,947	1021	schwach sauer
2.	11.	1990	23,850	1023	amphoter
3.	12.	2130	25,457	1023	schwach sauer
Summa		6040	72,254	—	—
Mittel im Tag		2013	24,084	1022	—

Der Koth hatte eine grünlich-braune Farbe und zumeist eine breiartige Consistenz; er war jedoch fester wie der reine Kartoffelkoth und dem Verzehrten nicht so ähnlich, wie bei ausschliesslicher Aufnahme von Kartoffeln. Seine Reaction war neutral, während der reine Kartoffelkoth sauer reagirt.

Es waren kleine Stücke in ihm enthalten, die unter dem Mikroskop sich aus Zellen bestehend auswiesen und sich auf Zusatz einer Jodkalium-Jodlösung blau färbten; es sind dies offenbar Kartoffelreste, welche bei der Zubereitung des Kartoffelbreies nicht genügend zerstossen worden waren und deshalb den Verdauungssäften nicht so zugänglich waren. Ausser diesen sich durch Jod blau färbenden Zellen waren noch andere vorhanden, welche sich damit nicht blau färbten. Weitere Partikelchen liessen Pflanzenfasern erkennen, die in dem verzehrten Kleber enthalten waren.

Die Menge des Kothes der 3 Versuchstage betrug im frischen Zustande 478,0 g, im getrockneten 77,82 g (= 16,3% feste Theile); es treffen also auf den Tag 159,3 g frischer und 25,94 g trockener Koth.

Die Analyse ergab in 100 g trockenem Kothe, sowie in 77,82 g trockenem Kothe der 3 Versuchstage und in 25,94 g trockenem Kothe eines Tages:

	in 100 g	in 77,82 g	in 25,94 g
Stickstoff . . .	7,807	6,075	2,025
Stärkemehl . .	5,620	4,373	1,457
Cellulose . .	4,760	3,704	1,234
Asche	11,895	9,256	3,085
Aetherextract . .	10,00	7,782	2,594
Alkoholextract .	14,50	11,284	3,761
Wasserextract . .	22,47	17,486	5,829
Rückstand . . .	53,01	41,252	13,751

Von 100 g trockenem Alkoholextracte waren in saurem Wasser 25,31% nicht löslich (Cholalsäure und Fettsäuren aus Seifen).

Im Wasserextracte sind enthalten:

	in 100 trockenem Wasserextracte	in 17,486 g trockenem Wasserextracte
Stickstoff	10,965	1,917
Asche	16,965	2,966

Im Rückstande nach der Extraction mit Aether, Alkohol und Wasser finden sich:

	in 100 trockenem Rückstande	in 14,252 trockenem Rückstande
Stickstoff	8,11	3,345
Asche	14,76	6,088

In 100 organischer Substanz des Kothes sind enthalten:

an Aetherextract	11,35%
„ Alkoholextract	16,47
„ Wasserextract	20,86
„ Rückstand	51,32
	100,00.

Daraus lässt sich nun entnehmen, wie viel organische Substanz, Stickstoff und Asche in den Extracten enthalten ist, welche aus 100 g trockenem Koth und aus dem an den 3 Tagen (77,82 g) und an 1 Tag (25,94 g) erzeugten Kothe ausgezogen worden sind.

	aus 100 trockenem Kothe			aus 77,82 trockenem Kothe			aus 25,94 trockenem Kothe		
	org. Substanz	Stick-stoff	Asche	org. Substanz	Stick-stoff	Asche	org. Substanz	Stick-stoff	Asche
Aetherextract	10,00	—	—	7,782	—	—	2,594	—	—
Alkoholextract	14,50	1,062	—	11,284	0,813	—	3,761	0,271	—
Wasserextract	18,38	2,455	4,085	14,308	1,917	3,178	4,769	0,639	1,059
Rückstand	45,20	4,290	7,810	35,175	3,345	6,078	7,058	1,115	2,025
	88,08	7,807	11,895	68,549	6,075	9,256	18,182	2,025	3,084

Bei dem Vergleiche der Einnahmen und der Ausgaben durch Harn und Koth an den 3 Versuchstagen findet sich, dass einer Einnahme von 95,091 g Stickstoff eine Ausgabe von 78,329 g Stickstoff (72,254 g im Harn und 6,074 g im Koth) entspricht. Es ist also eine nicht unbeträchtliche Menge von Stickstoff (16,762 g) im Körper zurückgeblieben oder als Eiweiss angesetzt worden; der Eiweissansatz betrug 105 g oder im Tage 35 g.

Die Ausnützung des Eiweisses oder Stickstoffes im Darmkanale stellt sich so, dass 6,4% davon nicht resorbirt wurden.

Von den während der 3 Tage verzehrten 302,8 g Fett erschienen im Kothe 7,782 g wieder, was einer Verwerthung bis auf 2,5% entspricht.

In den Speisen waren 1138,8 g Stärkemehl enthalten, im Kothe wurden nur 4,373 g wieder ausgeschieden, so dass das Stärkemehl fast ganz, bis auf 0,38% verdaut und resorbirt wurde.

In den verzehrten Kartoffeln und dem Kleber wurden 16,92 g Cellulose eingeführt; im Kothe wurden nur 3,704 g bestimmt, so dass also 13,216 g oder 78% der Cellulose im menschlichen Darmkanale zur Auflösung kamen.

B. Zweiter Versuch ohne Kleber am 23., 24. und 25. Februar 1886.

Um die Wirkung des Klebers scharf zu erkennen, habe ich an dem nämlichen Versuchsindividuum eine Woche nach dem ersten Versuche einen zweiten angestellt, bei welchem ganz die gleichen Nahrungsmittel gegeben wurden wie beim ersten, nur mit Weglassung des Klebers.

Der Mann erhielt also während 3 Tagen täglich 1700 g frische Kartoffeln mit 100 g Butterschmalz, 12,25 g Kochsalz und 500 ccm Bier.

Dies gibt eine Zufuhr von:

	in 3 Tagen	in 1 Tag
Stickstoff	21,522	7,174
Fett	301,361	100,453
Stärkemehl . . .	1101,340	367,113
Cellulose	14,531	4,844
Asche	50,850	16,950

Im Harn wurden aufgefunden:

Tag	Februar	Menge in ccm	Stickstoff	spec. Gewicht	Reaktion
1.	23.	2480	10,621	1016	schwach sauer
2.	24.	2690	7,500	1013	neutral
3.	25.	2420	6,347	1016	neutral
Summa		7590	24,468	—	—
Mittel im Tag		2530	8,156	1015	—

Der Koth war weniger consistent, als der bei der 1. Reihe unter Kleberzusatz entleerte, er war breiig und sehr reich an Wasser, denn er enthielt nur 14,43% feste Theile, während der erstere 16,3% feste Theile lieferte. Der Koth reagirte sauer.

Die auf die 3 Versuchstage treffende Kothmenge betrug 418,28 g frisch = 60,36 g trocken, was auf den Tag 139,42 g frischen und 20,12 g trockenen Koth ausmacht.

In 100 g trockenem Kothe, dann in 60,36 trockenem Kothe von 3 Tagen und in 20,12 trockenem Kothe eines Tages sind enthalten:

	in 100 g	in 60,36 g	in 20,12 g
Stickstoff . . .	6,964	4,203	1,401
Stärkemehl . .	13,52	8,160	2,720
Cellulose . . .	5,07	3,060	1,020
Asche	10,390	6,271	2,090
Aetherextract . .	5,91	3,567	1,189
Alkoholextract .	17,53	10,581	3,527
Wasserextract . .	22,59	13,635	4,545
Rückstand . . .	53,94	32,558	10,853

Von 100 g trockenem Alkoholextracte lösten sich 15,65 % in angesäuertem Wasser auf (Cholalsäure und Fettsäuren aus Seifen).

Im Wasserextracte finden sich:

	in 100 trockenem Wasserextracte	in 13,635 trockenem Wasserextracte
Stickstoff .	10,86	1,481
Asche . .	18,07	2,463

Im Rückstande nach der Extraction mit Aether, Alkohol und Wasser waren:

	in 100 trockenem Rückstande	in 32,558 trockenem Rückstande
Stickstoff .	6,95	2,262
Asche . .	12,07	3,929

In 100 g organischer Substanz des Kothes sind enthalten:

an Aetherextract	6,59 %
„ Alkoholextract	19,56
„ Wasserextract	20,67
„ Rückstand	53,18
	100,00.

Es berechnet sich somit für den Gehalt an organischer Substanz, an Stickstoff und Asche in den Extracten von 100 g trockenem Kothe und in denen des trockenen Kothes, der auf die 3 Versuchstage und auf 1 Tag trifft:

	aus 100 trockenem Kothe			aus 60,36 trockenem Kothe			aus 20,12 trockenem Kothe		
	org. Substanz	Stickstoff	Asche	org. Substanz	Stickstoff	Asche	org. Substanz	Stickstoff	Asche
Aetherextract	5,91	—	—	3,567	—	—	1,189	—	—
Alkoholextract	17,53	0,784	—	10,581	0,474	—	3,527	0,158	—
Wasserextract	18,50	2,43	4,09	12,476	1,466	2,468	3,722	0,489	0,823
Rückstand	47,64	3,75	6,80	32,099	2,263	3,803	9,585	0,754	1,267
	89,58	6,964	10,39	58,723	4,203	6,271	18,023	1,401	2,090

Der Mensch nahm in dieser Reihe in den Einnahmen 21,522 g Stickstoff auf; er schied dagegen im Harne 24,468 g und im Kothe 4,203 g, im Ganzen also 28,671 g Stickstoff aus. Während er bei Zusatz von Kleber nicht unbeträchtlich Eiweiss ansetzte, verlor er hier Eiweiss von seinem Körper, nämlich 44,7 g d. i. im Tage 14,9 g.

Im Darmkanale gelangten hier 19,5% des Stickstoffes oder Eiweisses nicht zur Ausnützung.

Von den in der Kost zugeführten 301,4 g Fett erschienen nur 1,2% im Kothe wieder.

Das dargereichte Stärkemehl (1101,34 g) wurde ebenfalls gut verwerthet, nämlich bis auf 0,74%.

In den zugeführten Kartoffeln befanden sich 14,531 g Cellulose, im Kothe konnten aber nur 3,06 g wieder aufgefunden werden, so dass von der Cellulose 78,9% verdaut wurden und nur 21,1% ungenützt blieben.

Es ist nun möglich, die Resultate der beiden Reihen mit einander zu vergleichen und die Bedeutung des Kleberzusatzes für die Ernährung zu beurtheilen.

Die Unterschiede in dem Kothe lassen sich aus folgender Uebersicht gut ersehen; es wurden darin im Tage ausgeschieden:

	1. Versuch mit Kleber	2. Versuch ohne Kleber
Menge der festen Theile	25,94	20,12
Stickstoff	2,025	1,401
Stärkemehl	1,457	2,720
Cellulose	1,234	1,020
Asche	3,085	2,090
Aetherextract	2,594	1,189
Alkoholextract . . .	3,761	3,527
Wasserextract . . .	5,829	4,545
Rückstand	13,751	10,853

Der Zusatz von 200 g lufttrockenem Kleber im Tage hat die Menge des trockenen Kothes etwas vermehrt und auch dessen Stickstoffgehalt; letzteres rührt wohl nur zum Theile von unverändert ausgeschiedenem Kleber her, vor allem von der Vermehrung der Secretion im Darme.

Bei dem von M. Rubner[1]) mit Kartoffeln gemachten Ausnützungsversuche wurde wesentlich mehr Substanz in verschiedenen

1) M. Rubner, Zeitschr. f. Biol. 1870 Bd. 15 S. 146.

Zubereitungsweisen: gesotten, als Salat und geröstet, aufgenommen. Der Mann erhielt täglich im Mittel:

in 3077,5 g frischen Kartoffeln
11,45 g Stickstoff
718,1 g Kohlehydrate
ausserdem 143,8 g Fett.

Die Kothmenge betrug 635,0 g frisch und 93,8 g trocken (14,8%) mit 3,69 g Stickstoff. Der frische Koth reagirte sauer.

Im Harn waren 8,8 g Stickstoff. Es steht also einer Einnahme von 11,45 g Stickstoff eine Ausgabe von 12,49 g Stickstoff gegenüber. Der Körper verlor demnach dabei täglich 1,04 g Stickstoff = 6,5 g Eiweiss.

Der Verlust an Stoffen durch den Koth betrug:

an Stickstoff . . 32,2%
an Kohlehydrat . 7,6%

Bei meinem Kartoffelversuche, bei welchem täglich nur 1700 g Kartoffeln verzehrt wurden und zwar in der Form eines Breies, war die Menge des Kothes viel geringer, statt 93,8 g Trockensubstanz nur 20,12 g; auch die Ausnützung des Stickstoffes war eine wesentlich günstigere, der Verlust betrug nur 19,5% statt 32,2%; ebenso war die Verwerthung des Stärkemehles eine weitaus bessere, denn im Kothe fanden sich nur 0,74% desselben vor gegen 7,6% bei Rubner's Versuch.

Man ersieht daraus schlagend, wie wichtig es für die Ausnützung eines Nahrungsmittels im Darmkanale ist, dass es nicht in zu grosser Menge verzehrt wird und dass es in günstiger Form, hier als Brei, dargereicht wird.

Die Ausnützung des Klebers im ersten Versuche am Menschen ist ebenso günstig als die des Fleisches. Rubner fand für letzteres bei Aufnahme von 366,8 g Trockensubstanz im Tag einen Verlust von 2,5% Stickstoff im Kothe; in einem zweiten Versuche bei Aufnahme von 306,4 g Trockensubstanz einen Verlust von 2,8% Stickstoff im Kothe. Bei meinem ersten Versuche am Menschen wurde durch Zusatz von 200 g Kleber mit 24,523 g Stickstoff zu den Kartoffeln der Stickstoffgehalt des Kothes nur um 0,624 g vermehrt;

der Verlust im Kothe betrug daher 2,5 %, d. h. nicht mehr wie bei Aufnahme von frischem Fleisch.

Man ersieht auch daraus, dass das vegetabilische Eiweiss sich im Darme nicht anders verhält als das animalische, und dass es das Fleisch nicht als solches ist, was so gut verwerthet wird, sondern letzteres nur auf seinem Reichthum an dem gut ausnützbaren Eiweiss beruht.

Die Versuche von Rubner mit den mit Kleber versetzten Maccaroni haben ebenfalls zu der Ueberzeugung geführt, dass der Kleber in der Nahrung des Menschen sehr gut Verwendung finden kann. Er wurde aus den Maccaroninudeln in grosser Menge resorbirt und brachte eine vermehrte Stickstoffausscheidung im Harne hervor. Während bei Verabreichung der Nudeln ohne Kleberzusatz der Körper noch wesentlich an Stickstoff oder Eiweiss einbüsste, fand bei dem Kleberzusatze sogar ein Ansatz statt.

Auch Fleischer und K. Müller[1]) haben in Weende an Hammeln Fütterungsversuche mit Weizenkleberzusatz angestellt und gefunden, dass der Kleber als völlig verdaulich anzusehen ist und dass selbst eine starke Kleberdosis fast ohne Einfluss auf die Ausnützung des Rauhfutters ist.

In dem Darme der Hühner wird nach den Versuchen von Meissner und Flügge[2]) nur ein Theil der eiweissartigen Stoffe des Weizens verdaut; er verwerthet nur die in Wasser löslichen stickstoffhaltigen Theile (6%) und von den in Wasser unlöslichen nur den Kleber (42%), der ganze Rest (52%) geht unverändert mit dem Kothe ab.

Man kann zusehen, wie viel man zu Kartoffeln Kleber zusetzen muss, um einem kräftigen Arbeiter die für den Tag nöthige Menge von Nahrungsstoffen, nämlich 118 g Eiweiss, 56 g Fett und 500 g Kohlehydrat zuzuführen.

Nimmt man in den frischen Kartoffeln 0,384 g Stickstoff an und ferner, dass nur 56% dieses Stickstoffes in der Form von Eiweiss darin enthalten sind, so treffen auf die frischen Kartoffeln 1,344%

1) Fleischer, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Jahrg. 6 1873 S. 1408.

2) Meissner und Flügge, Zeitschr. f. rat. Med. (3) Bd. 31 S. 185 und Bd. 36 S. 184.

Eiweiss. Dann sind in den frischen Kartoffeln etwa 20,41% Kohlehydrate enthalten.

Um 500g Kohlehydrat zu liefern, müsste man also 2450 Kartoffeln verzehren, dazu 52g Fett setzen und endlich, da in 2450g Kartoffeln nur 32,9g Eiweiss enthalten sind, noch 85g Kleber zufügen, um eine Nahrung für den Tag zu erhalten. Diese 2450g Kartoffeln werden kaum schlechter ausgenützt werden, als die von mir verabreichten 1700g.

Da nun 85g trockener Kleber (= 95 lufttrockener) nur etwa 5,7 Pf. kosten, so wird sich der Kleber wohl für die Volksernährung verwenden lassen, wobei man bedenken muss, dass der rüstige Arbeiter ohne Kleberzusatz wesentlich mehr Kartoffeln aufnehmen müsste. Es wäre nicht unmöglich, dass das Quantum Kartoffel, welches man weniger geben dürfte, so viel kosten würde, als der zuzusetzende Kleber.

Damit erscheint die Aufgabe, welche ich mir gestellt habe, so weit gelöst zu sein, als dies jetzt möglich ist.

Zur Darstellung der Oxybuttersäure aus diabetischem Harne.

Von

E. Stadelmann.

(Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg.)

Die Darstellung der Oxybuttersäure im Harne von Diabetikern ist bisher noch recht bedeutenden Mängeln unterworfen. Es ist zwar nicht so schwer, nach der von mir früher angegebenen Methode[1]) die Säure und deren Salze zu erhalten, doch ist die Reinigung derselben resp. die Krystallisation der Salze äusserst schwierig zu erreichen. Immer erneute Extractionen der Säure mit Aether führen nicht zum Resultate, da ein grosser Theil der der Oxybuttersäure anhaftenden dunkel gefärbten, klebrigen Massen, die wahrscheinlich Reste und Derivate des Harnzuckers sind, und die sich beim Eindampfen der Lösungen auf dem Wasserbade stark schwärzen, ebenfalls in Aether löslich sind. Auch häufiges Behandeln der unreinen Säure mit Thierkohle führt nicht zum Ziele, abgesehen davon, dass man dabei stets sehr erhebliche Verluste zu beklagen hat. Von Salzen krystallisirt das Silbersalz, welches Minkowski[2]) darstellte, noch am besten und leichtesten aus, obgleich sich der Reindarstellung desselben nach meinen Erfahrungen, im Gegensatze zu Minkowski, nicht unbedeutende Schwierigkeiten gegenüber stellen. Die anderen von mir[3]) studierten Salze und besonders das im Uebrigen durch Krystallform und Lösungsverhältnisse ausgezeichnete Zinksalz werden durch die verunreinigenden Massen am Auskrystallisiren sehr gehindert, während nach Befreiung von denselben das Zinksalz sehr schön und

1) Archiv f. experiment. Patholog. Bd. 17.
2) Archiv f. experiment. Pathol. Bd. 18
3) Zeitschr. f. Biologie Bd. 21 H. 1.

leicht in Krystallform zu erhalten ist. Weiterhin sind nach der bisher verfolgten Methode bei Verarbeitung grösserer Mengen von Harn sehr bedeutende Mengen von Alkohol und Aether nothwendig, ohne dass es trotzdem gelingt, dem Harne vollkommen die enthaltenen Säuremengen zu extrahiren. Der grösste Theil des im Harne enthaltenen Zuckers geht bei energischer Extraction des eingedampften Harnes mit Alkohol in denselben über, während anderseits, eine Erfahrung, die ich leider oft genug zu machen Gelegenheit hatte, bei Anwendung von zu wenig Alkohol die Oxybuttersäure zurückbleibt und nicht mit in den Alkohol übergeht.

Den Zucker kann man ja nun durch Ausgären entfernen und sowohl ich[1]) wie Külz[2]) und Minkowski[3]) haben dies mehrfach mit gutem Erfolge versucht. Doch hat diese Methode verschiedene Gefahren, besonders die der Fäulniss des Urines, wenn man grössere Massen im Sommer der Ausgärung zu überlassen hat. Diese Gefahr ist, wie ich mich durch entsprechende Versuche überzeugen konnte, nicht besonders gross, wenn man die Ausgärung unter Desinfection vornimmt.

55 l eines stark (5—6%) zuckerhaltigen Urines, in welchem sehr bedeutende Mengen von Oxybuttersäure enthalten waren, wurden der Ausgärung überlassen, nachdem dieselben bis zu 0,2% mit Salicylsäure versetzt worden waren. Die frischen Urinmengen wurden immer zu den alten hinzugegossen, nachdem ihnen Salicylsäure in obiger Concentration und frische Hefe hinzugefügt worden waren. Die Ausgärung fand bei einer Temperatur von 12—15° R. im Keller in einem früheren Petroleumfasse statt, welches aus dem Zwecke gewählt wurde, weil es schon früher durch das Petroleum desinficirt gewesen.

Die Urinmenge mit der Hefe etc. wurde absichtlich weit längere Zeit als nothwendig (14 Tage) sich selbst überlassen. Nach jenem Termine war weder Polariskopisch noch mit Fehling'scher Lösung eine Spur von Zucker mehr nachweisbar, ohne dass Fäulniss des Urines stattgefunden hatte.

---

1) a. a. O.
2) Archiv f. experiment. Pathol. Bd. 18 H. 5—6.
3) a. a. O.

Eine zweite Schwierigkeit bilden die grossen Massen von Harnstoff, die im diabetisehen Urine vorhanden sind, welche sehr schwer vollkommen zu entfernen sind und die ebenfalls zur Verunreinigung der zu gewinnenden Oxybuttersäure beitragen. In jener Urinmenge waren annähernd 590 g Harnstoff vorhanden Dieselben konnten vielleicht entfernt werden, indem man den Urin mit frisch gelöschtem Kalk kochte und die Frage war nur, ob nicht mit der Zersetzung des Harnstoffes in Kohlensäure und NH_3 auch zugleich eine Zersetzung der Oxybuttersäure stattfände.

Die ganze Urinmenge wurde mit $1\frac{1}{2}$ kg frisch gelöschtem Kalke ca. 5 Stunden gekocht, wobei sich sehr viel NH_3 entwickelte, die abgekühlte Flüssigkeit wurde filtrirt, der Rückstand ausgepresst, mit Wasser ausgekocht, von neuem filtrirt, die Filtrate wurden vereinigt, bis zu 20 l Flüssigkeit eingedampft, wobei noch viel NH_3 entwich. In der Gesammtmenge wurden noch ca. 400 g Harnstoff bestimmt. Daher wurden die Filtrate zusammen wiederum mit Zusatz von 1 kg frisch gelöschtem Kalk und häufiger Ergänzung des abgedampften Wassers lange und stark eingedampft. Im Ganzen wurden, um einen ungefähren Anhaltepunkt in Zahlen zu geben, auf die es augenscheinlich nicht ankommt, 130 l H_2O zugesetzt und 30 Stunden lang gekocht, so lange bis kein NH_3 sich mehr zu entwickeln und zu bilden schien. Die abgekühlte Flüssigkeit wurde filtrirt, der Rückstand ausgepresst und ausgekocht, die Filtrate (es waren $6\frac{1}{2}$ l) gereinigt. In der Gesammtmenge war kein Ammoniak und, bei der Bestimmung nach Liebig, nur 40,0 Harnstoff enthalten. Der Niederschlag bei der Filtration mit salpetersaurem Quecksilberoxyd ist ja bekanntlich nicht nur auf Harnstoff, sondern auch auf andere stickstoffhaltige Harnbestandtheile zu beziehen, es war demnach anzunehmen, dass nur noch verschwindende Mengen von Harnstoff in dem Urine enthalten waren.

Die klare, grüngelbe Flüssigkeit wurde eingedampft, mit Alkohol extrahirt, der Alkohol abgedampft, mit Wasser aufgenommen, mit Schwefelsäure angesäuert, filtrirt, mit Aether ausgeschüttelt, wobei grosse Säuremengen in den sehr wenig gefärbten Aether übergingen.

Der Aether wurde abdestillirt, der Rückstand im Wasser aufgenommen, mit kohlensaurem Zink im Wasserbade erwärmt, filtrirt,

vorsichtig eingedampft, und nun krystallisirten aus der immer noch recht stark braun gefärbten Masse schnell sehr reichliche Mengen eines Zinksalzes aus, welches sich nach seinem mikroskopischen Verhalten und seinen Lösungsverhältnissen als oxybuttersaures Zink ergab. Die Krystalle wurden abgesogen, mit absolutem Alkohol, in welchem das oxybuttersaure Zink sehr schwer löslich ist, während die färbenden Massen in denselben sehr leicht übergehen, gewaschen, umkrystallisirt etc. Die Ausbeute war eine sehr ergiebige, auch aus den vereinigten Mutterlaugen und Waschwassern krystallisirten nach Concentriren derselben noch reichliche Mengen des Zinksalzes aus, die ebenfalls nach obiger Methode gewonnen und gereinigt wurden.

Eine grosse Annehmlichkeit der eben geschilderten Methode besteht auch darin, abgesehen von der grossen Ersparniss an Alkohol und Aether, dass man schliesslich nur mit ganz kleinen Mengen arbeitet, da durch die Behandlung mit Calciumhydroxid auch die Schwefelsäure uud Phosphorsäure entfernt werden. Die beim Ausgären angewandte Salicylsäure wird ja beim Eindampfen der Flüssigkeit nach dem Abkühlen bis auf ganz geringe Mengen, die in Lösung bleiben, ausfallen, der Rest wird durch das Waschen des Zinksalzes mit Alkohol entfernt.

Können von der Schleimhaut des Magens auch Bromide und Jodide zerlegt werden?

Von

E. Külz.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

(Der Redaction zugegangen am 17. September d. J.)

Maly[1]) hat durch Versuche festgestellt, dass bei der Einwirkung von Mononatriumphosphat und Dinatriumphosphat auf Natriumchlorid und Calciumchlorid Salzsäure frei werden kann und damit zuerst eine auf Thatsachen fussende Theorie der bisher völlig unaufgeklärten Salzsäurebildung im Magen geschaffen. Ich habe die Versuche Maly's, der sich bekanntlich der Schichtendiffusion bediente, gleich nach ihrem Bekanntwerden in meinem Laboratorium wiederholen lassen und halte die Bemerkung, dass ich Maly's Angaben durchaus bestätigen kann, um so weniger für überflüssig, als meines Wissens von keiner Seite eine Wiederholung seiner Versuche bekannt geworden ist.

Dass unter den angegebenen Verhältnissen freie Salzsäure entstehen kann, steht ausser jedem Zweifel; ob sie auf diese Weise im Organismus entsteht und ob die Theorie ausreichend ist, um alle die Magensaftsecretion betreffenden Thatsachen ungezwungen zu erklären, dürfte noch nicht mit vollster Bestimmtheit ausgesprochen werden können. Die naheliegenden und gewiss vielfach getheilten Bedenken Heidenhain's[2]), nach dem kein Grund abzusehen ist, „weshalb nicht alle Secrete sauer reagiren sollten, wenn es sich nur um das Abdiffundiren im Blute präformirter Salzsäure durch die Drüsenmembran handelte", scheinen mir durch

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., II. Abth. Bd. 76, Juni-Heft 1877.

2) Heidenhain in Hermann's Handbuch der Physiologie 5, 161 u. 162.

Maly[1]) mit Glück beseitigt zu sein. In einem gewissen, wenn auch nicht unlösbaren, so doch immerhin beachtenswerthen Widerspruche scheint mir folgende, wohl constatirte Beobachtung zu stehen: Lässt man einen Hund 24 Stunden fasten, so ist im Magen keine freie Salzsäure nachweisbar[2]).

Bei Hunden mit Magenfisteln ist diese Beobachtung weniger sicher zu machen, weil hier durch die Canüle und andere nicht sicher zu beherrschende Umstände eine Reizung stattfindet. Ich bediene mich deshalb schon seit mehreren Jahren zur Gewinnung des Magensaftes, auch bei Thieren, des Heberapparates, neuerdings in Form eines grossen Nelaton'schen Katheters, der mittels eines genügend langen, durch ein Stück Glasrohr unterbrochenen Gummischlauches mit einem grösseren Trichter verbunden ist.

Die Thiere können dabei in einer Rinne (Bernard, physiologie opératoire p. 133), die am Kopfende des Thieres etwas erhöht wird, sehr bequem, fast horizontal liegen. Um dem vorn zugespitzten Sperrholze, das mit einem für die Einführung des Katheters geeigneten Loch zu versehen ist, eine sichrere Lage zu geben, lässt man in einer entsprechenden Entfernung von dem Loche für die Sonde ein Holzstäbchen senkrecht durch das Sperrholz schlagen. Man kann ferner das Sperrholz, um seine Lage bei längerer Dauer des Versuches dem Thiere erträglicher zu machen, zu beiden Seiten des Sondenloches mit Gummischlauch überziehen. Um während der vorbereitenden Carenz das Knabbern von Holz, Stroh und Haaren zu verhüten, lässt man das Thier mit einem geeigneten Maulkorbe in einem mit Blech ausgeschlagenen Kasten sitzen. Will man für die Zwecke der Vorlesung des Erfolges sicher sein, so thut man gut, ein ruhiges, an das Sitzen im Kasten bereits gewöhntes Thier zu wählen. Ich habe übrigens die Beobachtung gemacht, dass bei alten Thieren, wohl in Folge mangelhafter Magenbewegungen, auch nach 36stündigem Fasten der Magen noch Futterreste enthalten kann, und dass man auch bei jüngeren Thieren die Qualität und Quantität der letzten Fütterung darnach einrichten muss. Hat man die angegebenen Cautelen genügend berücksichtigt, so kann man sicher sein, dass bei normalen Thieren der Magen völlig leer ist und keine freie Salzsäure enthält. Nach dem Ablauf der Carenzzeit führt man den Katheter ein, lässt durch den Trichter destillirtes Wasser von Körpertemperatur in den Magen einlaufen und spült ihn durch Heben und Senken des Trichters aus, unter fortwährender Controle der Reaction durch geeignetes Papier oder durch Entnahme von kleinen Mengen Spülwasser für die Prüfung mit Methylanilinviolett und anderen verwendbaren Farbstoffen. Reagirt das Spülwasser sofort sauer, so kann man sicher sein, dass ein Versuchsfehler vorliegt. Durch das auch nach mehrmaligem Heben und Senken des Trichters klar bleibende Spülwasser darf man sich nicht täuschen lassen; mitunter gelingt es erst durch lange fortgesetztes Ein-

1) Maly, Ueber das Basen-Säureverhältniss im Blutserum und anderen thierischen Flüssigkeiten. Ein Beitrag zur Lehre von der Secretbildung. Wiener med. Wochenschr. 1882 Nr. 26 u. 27.

2) Näheres s. in der Mittheilung von E. Frerichs, Ueber das zeitliche Auftreten der Salzsäure im Magensaft. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1885 Nr. 40.

und Auslaufenlassen des Wassers das corpus delicti (Holz, Haare, unverdautes Fleisch), das vielleicht in den Falten des Magens gesessen hat, flott und sichtbar zu machen[1]).

Wie tief man die Sonde einzuführen hat, ist nicht ohne Belang, da bei zu tiefer Einführung durch die Reizung der Magenschleimhaut Brechbewegungen auftreten, die so unvollständig sein können, dass sie dem Beobachter entgehen, die aber nicht selten die Beimischung von Galle zur Folge haben. Verwendet man ein und dasselbe Thier zu einer Versuchsreihe, so markirt man am besten an der Sonde diejenige Lage, welche sich am günstigsten für die Ausheberung erwiesen hat.

Wenn ich auch in der Vorlesung die klassische Magenfistel noch anlege und sie didaktisch schon deshalb nicht gern misse, weil man dadurch dem Schüler eine richtige Vorstellung von dem Innern des Magens verschaffen kann, so bediene ich mich doch zur Demonstration der Veränderungen, welche bestimmte Verdauungsobjecte (Milch, Blut, Fleisch, Leim etc.) unter dem Einfluss des Magensaftes erleiden, schon seit einigen Jahren nicht mehr der Magenfistel, sondern der Ausheberungsmethode. Nachdem der Magen durch Carenz leer gemacht, oder wenn man weniger Zeit hat, ausgespült ist, wird das betreffende Verdauungsobject eingeführt. Experimentell habe ich für die verschiedenen Objecte die Zeit festgestellt, welche nöthig ist, um den Beginn und Fortschritt der Veränderungen am besten beobachten zu können. Stockt der Abfluss des Spülwassers, so kann man durch einen kurzen raschen Zug an der Sonde, oder dadurch, dass man sie etwas tiefer einführt, oder an dem Gummischlauch bei gesenktem Trichter womöglich mit beiden Händen drückende, saugend wirkende Bewegungen macht, das Hinderniss beseitigen. Bisweilen muss man von Neuem Wasser zugiessen oder, wenn alle Manipulationen nichts helfen, die Sonde herausziehen und einen das Fenster der Sonde verstopfenden Schleimpfropf entfernen, um sie von Neuem einzuführen. Bei richtiger Wahl und Vorbereitung der Nahrung lässt sich übrigens bei Hunden der grösste Theil des Mageninhalts auch unverdünnt mit der Pumpe herausziehen.

Es ist mir übrigens leicht gelungen, für die Zwecke der Vorlesung Hunde abrichten zu lassen, die, auf dem Experimentirtisch sitzend, sich ohne jede Fesselung und ohne Sperrholz die Sonde einführen und den Magen beliebig lange ausspülen lassen

Das hier beschriebene Verfahren dürfte zum Studium der Verdauungsvorgänge im Magen von Seiten der Physiologie weit mehr ausgenützt zu werden verdienen, als es bisher der Fall gewesen ist. Wie viel complicirter und weit weniger geeignet erscheint dagegen, um nur ein Beispiel anzuführen, eine Versuchsform, deren sich Fubini und Fiori (Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre 12, 462) bedienten, um den Einfluss des Jodkaliums auf die Peptonisirung des Eiweisses festzustellen! Sie legten beim Hunde eine Magenfistel an. Nachdem sich das Thier völlig vom Eingriff erholt hatte, begannen die

1) Um das Fehlen der Salzsäure bei ruhender Secretion zu constatiren, führt übrigens statt der 24stündigen Carenz folgendes Verfahren ebenso sicher zum Ziele: Man spült den Magen eines Hundes zu beliebiger Zeit recht sorgfältig aus und lässt das Spülwasser möglichst vollständig ablaufen. Nach 2—3 Stunden ist die Salzsäure, welche sich durch den Reiz des Spülwassers abscheidet, völlig resorbirt.

Versuche. „Das Thier wurde zwölf Stunden lang nüchtern gehalten, worauf ihm durch den Mund entweder rohes oder durch Kochen geronnenes Eiweiss einverleibt wurde. Zwei oder drei Stunden später wurde bei ihm durch elektrische Reizung der Magenschleimhaut Erbrechen hervorgerufen. Die ausgeworfenen Substanzen wurden chemisch untersucht."

Obgleich nun doch im Blute trotz der Carenz jene Stoffe, die man nach Maly für die Bildung freier Salzsäure in Anspruch nehmen muss, circuliren, fehlt nach vierundzwanzigstündiger absoluter Carenz die freie Salzsäure im Magen. Soll man annehmen, dass die Diffusionsprocesse in diesem Falle völlig ruhen? Von einer temporären Verarmung des Blutes an jenen Stoffen kann nicht wohl die Rede sein; denn führt man, nachdem man sich von der Abwesenheit der freien Salzsäure im Magen überzeugt hat, destillirtes Wasser ein und lässt es eine bestimmte Zeit [1]) im Magen, so kann man darin gewichtsanalytisch die Bildung freier Salzsäure nachweisen. Vielleicht nimmt Maly Veranlassung, sich gelegentlich darüber zu äussern, wie er sich die Beziehungen dieses Befundes zu seiner Theorie denkt.

Der Magen neugeborener Hunde enthält bekanntlich in den ersten Tagen kein Pepsin. Wenn sicher nachgewiesen werden könnte, dass er auch keine Salzsäure enthielte, so würde, wie mir scheint, für die Theorie Maly's dadurch eine neue Schwierigkeit entstehen.

Man könnte meinen, dass die in der Ueberschrift aufgeworfene Frage, die bei der ausgedehnten therapeutischen Verwendung der Bromide und Jodide, auch eine gewisse praktische Bedeutung hat, bereits gelöst sei. Buchheim [2]) sagt nämlich: . . . „wir dürfen wohl annehmen, dass die Kräfte, welche das Kochsalz zerlegen, auch im Stande sein werden, Bromkalium und Jodkalium zu spalten. Schon die Gegenwart der Chlorwasserstoffsäure reicht hin, um Bromwasserstoffsäure oder Jodwasserstoffsäure frei zu machen." [3]) Indes schon Kämmerer [4]) hat gezeigt, dass die letztere Vor-

1) Gewöhnlich tritt schon 10—15 Minuten nach der Einfuhr von destillirtem Wasser die Salzsäure auf. Genaueres s. in der Mittheilung von E. Frerichs a. a. O.

2) Archiv f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 3 S. 108.

3) Die Bildung von Jodwasserstoffsäure und Bromwasserstoffsäure aus Jodkalium und Bromkalium durch die freie Salzsäure des Magens hält Buchheim auch noch in seinem Lehrbuch der Arzneimittellehre (3. Aufl. S. 110) für möglich.

4) Virchow's Archiv Bd. 63 S. 280.

stellung Buchheim's, die übrigens auch bei Chemikern verbreitet zu sein scheint, bezüglich der Jodwasserstoffsäure unrichtig ist; denn selbst rauchende Salzsäure vermag bei der Destillation über freiem Feuer keine Spur Jodwasserstoffsäure aus Jodkalium zu entbinden. Dasselbe gilt übrigens auch vom Bromnatrium und Bromkalium, wie ich mich in vier Versuchen, von denen ich ein Beispiel mittheile, überzeugt habe.

Ein Gemisch von 6g Bromnatrium, 15ccm Wasser und 20ccm rauchender Salzsäure wird der Destillation unterworfen, das mit Wasser verdünnte Destillat wurde von Neuem abdestillirt. Trotz mehrmaliger Wiederholung derselben Procedur konnte in dem zuletzt erhaltenen Product keine Spur Brom nachgewiesen werden, während Controlversuche lehrten, dass minimale Mengen Bromwasserstoffsäuren zu rauchender Salzsäure gesetzt, sich scharf nachweisen liessen.

Diesen Erfahrungen gegenüber schien mir von um so grösserem Interesse die experimentelle Entscheidung zu sein, ob in der That nach Einfuhr von Bromiden und Jodiden im Magensaft Bromwasserstoffsäure resp. Jodwasserstoffsäure allein oder neben Chlorwasserstoffsäure auftreten. Die Frage hat mich gelegentlich mehrere Jahre beschäftigt; ihre Lösung scheiterte immer wieder an einer schlagenden Versuchsform.

Ist es schon umständlich, geringe Mengen Salzsäure neben Chloriden quantitativ zu bestimmen, so werden die Schwierigkeiten noch wesentlich gesteigert, wenn es gilt, geringe Mengen Chlorwasserstoffsäure und Bromwasserstoffsäure neben Chloriden und Bromiden quantitativ zu bestimmen.

Mit Uebergehung aller derjenigen Methoden, die sich trotz aller aufgewandten Mühe schliesslich unbrauchbar erwiesen, will ich nur das Verfahren ausführlich mittheilen, das zum Ziele führte.

Um die Natur der freien Säure des Magensaftes festzustellen, liess Rabuteau[1]) zwei Hunde nach 24stündiger Carenz einige Sehnen verschlucken, um sie ¾ Stunden später zu tödten. Der aus dem Magen gewonnene Saft (15—30g) wurde nach dem Filtriren mit

1) Rabuteau, Recherches sur le suc gastrique Compt. rend. t. 80 p. 61 und Maly's Jahresbericht f. Thierchemie Bd. 5 S. 327. Vergl. ferner Gaz. médic. de Paris, 1874, p. 118.

frisch gefälltem, reinen Chinin gesättigt, das er in relativ beträchtlicher Menge löste. Das Filtrat wurde zunächst auf dem Wasserbade, sodann im Vacuum zur Trockne gebracht. Der völlig trockene Rückstand wurde mit Amylalkohol behandelt, das alkoholische Filtrat abgedampft und der neue Rückstand mit Chloroform oder Benzin ausgezogen, die beide salzsaures wie milchsaures Chinin, sowie eine grosse Menge anderer Chininsalze lösen, nicht aber die Chloride, welche der Amylalkohol zum Theil hat aufnehmen können, z. B. Chlormagnesium. Statt des Amylalkohols kann auch absoluter Alkohol verwandt werden. Man erhält schliesslich nur salzsaures Chinin, leicht erkennbar durch seine Krystallform und durch sein chemisches Verhalten.

Mit einigen mir wünschenswerth erscheinenden, nicht unwesentlichen Modificationen habe ich diese Methode zur Lösung der aufgeworfenen Fragen verwandt. Der zu den Versuchen nöthige Magensaft wurde weder nach dem Verfahren Rabuteau's, noch aus einer Fistel, sondern durch Ausheberung gewonnen.

Durch eine grosse Reihe von Versuchen, die zum Theil zu anderen Zwecken unternommen wurden, war festgestellt worden, dass sich aus dem Magen eines Hundes nach 24stündiger absoluter Carenz durch Ausspülen mit destillirtem Wasser keine sauer reagirende Flüssigkeit gewinnen lässt, dass aber, wenn man nunmehr etwa 200 ccm destillirtes Wasser in den Magen fliessen und 30 bis 45 Minuten darin verbleiben lässt, der herausgeheberte Mageninhalt deutlich sauer reagirt und Methylanilinviolett bläut[1]).

Zunächst kam es darauf an, zu ermitteln, ob die nach 30 bis 45 Minuten im Magen auftretende freie Säure sich auch bei dieser Versuchsform mit Hilfe der Rabuteau'schen Methode wirklich als Salzsäure charakterisiren liess.

Zu dem Behufe wurden zwei grosse Hunde (A und B) auf absolute Carenz gesetzt. Nach 24 Stunden liess ich in den mit destillirtem Wasser ausgespülten Magen 200 ccm destillirtes Wasser einfliessen. Nachdem die Thiere ½ Stunde lang ruhig liegen geblieben waren, wurde der Mageninhalt mit Anguss von 40 ccm destillirtem

1) Vergl. hierzu: E. Frerichs, a. a. O.

Wasser nach mehrmaliger Senkung und Hebung des Trichters schliesslich herausgehebert. Der so gewonnene verdünnte Magensaft bläute stets sehr deutlich Methylanilinviolett. Von beiden Thieren wurden je drei Ausheberungen zur Charakterisirung der freien Säure verwandt. Die erste Portion wurde nach dem Filtriren mit frisch gefälltem Chinin[1]) bis zum Aufhören der sauren Reaction bei 60° C. digerirt. In derselben Weise wurde mit der hinzugefügten zweiten und dritten Portion verfahren. Die ganze Masse bildete nach dem Eindampfen einen zähen Syrup, der beim Erkalten vollkommen erstarrte. Der pulverisirte und im Vacuum über Schwefelsäure getrocknete Rückstand wurde mit salzsäurefreiem Chloroform bis zur Erschöpfung ausgeschüttelt. Nach dem völligen Verjagen des Chloroforms wurde von dem im Vacuum völlig getrockneten Chloroformrückstande (a resp. b) in der einen Portion die Asche, in der anderen das Chlor bestimmt[2]).

A. Von Rückstand a gaben

1. 2,4324 g 0,0002 g Asche;
2. 2,1690 g 0,5516 g Ag Cl = 0,1365 g Cl = 0,1403 g ClH.

B. Von Rückstand b gaben

1. 3,3609 g keine Asche;
2. 3,1017 g 0,7344 g Ag Cl = 0,1817 g Cl = 0,1868 g ClH.

Auf Milchsäure wurden zehn in derselben Weise gewonnene Ausheberungen vergeblich untersucht.

Es musste sodann weiter geprüft werden, ob es mit Hilfe der Chininmethode möglich ist, geringe Mengen freier Chlorwasserstoffsäure und Bromwasserstoffsäure neben Chloriden und Bromiden überzeugend nachzuweisen.

Zu diesem Zwecke wurde ein künstlicher Magensaft aus ganz geringen Mengen von Br H, Cl H, Na Cl, Na Br, K Cl, K Br, $MgCl^2$, $CaCl^2$, Speichel, Pepton und destillirtem Wasser (2 l) hergestellt.

1) Reines Chinin wurde in möglichst wenig verdünnter reiner Schwefelsäure gelöst, die Lösung mit Ammoniak gefällt und der Niederschlag so lange mit wenig Wasser gewaschen, bis im Filtrate weder Schwefelsäure noch Ammoniak nachweisbar waren.

2) Bemerkt sei ein für alle Mal, dass auf die Reinheit der für alle hier mitgetheilten Analysen in Betracht kommenden Chemikalien sorglich geachtet wurde.

Nachdem derselbe durch 5—6 stündiges Digeriren mit frisch gefälltem, reinen Chinin neutralisirt war, wurde er filtrirt, das Filtrat zur Trockne verdampft und die pulverisirte, völlig getrocknete Masse mit salzsäurefreiem Chloroform ausgezogen. Beim Verdunsten des Chloroforms hinterbleibt zunächst eine zähe, grünliche, amorphe Substanz, die beim Stehen im Exsiccator vollständig in gelbgrünliche, zu Warzen vereinigte Nadeln überging.

0,058 g der pulverisirten Masse hinterliessen beim Verbrennen 0,001 g Asche (1,72 %).

0,392 g wurden in Wasser unter Zusatz von verdünnter chlorfreier Salpetersäure gelöst und mit Silbernitrat gefällt. Ein Theil des aus AgCl und AgBr bestehenden Niederschlages wurde nach dem Trocknen und Schmelzen in eine Kugelröhre gebracht, um das Bromsilber durch Erhitzen im Chlorstrome in Chlorsilber überzuführen.

0,0958 g des Silberniederschlages verloren dabei an Gewicht 0,0147 g, entsprechend 0,0621 g AgBr.

Demnach bestand der Silberniederschlag aus

0,0337 g AgCl und 0,0621 g AgBr.

Diesen Mengen entsprechen

0,0083 g Cl (8,70 %) resp. 0,0086 g ClH

und 0,0264 g Br (27,57 %) resp. 0,0267 g BrH.

Endlich schien es mir geboten, sich durch besondere Versuche noch darüber zu vergewissern, ob sich nicht bei der Digestion von frisch gefälltem Chinin mit Chloriden, Bromiden, Jodiden ohne und mit Zusatz von reinem Pepton geringe Mengen von salzsaurem resp. bromwasserstoffsaurem oder jodwasserstoffsaurem Chinin bilden.

Versuch 1.

15 g gereinigtes Kochsalz, in 200 ccm Wasser gelöst, wurden mit etwa 5 g frisch gefälltem, reinen Chinin vier Stunden lang digerirt. Nachdem die Lösung zur Trockne verdampft war, wurde der Rückstand mit absolutem Alkohol extrahirt, die alkoholische Lösung filtrirt, das Filtrat von Alkohol vollständig befreit und die hinterbliebene Masse mit Chloroform ausgeschüttelt [1]).

1) Das verwandte Chloroform gab mit $AgNO^3$ keine Trübung. Es ist ferner nothwendig, absolut chlorfreie Salpetersäure zu verwenden oder den Chlorgehalt derselben besonders zu bestimmen und in Rechnung zu ziehen.

Von dem Chloroformrückstand, der zur völligen Vertreibung des Chloroforms mehrmals mit Wasser versetzt und eingedampft wurde, gaben

1. 0,719g 0,0068g AgCl, entsprechend **0,0017**g Cl.
2. 0,622g 0,0018g Asche.

Es würden darnach 0,719g Chloroformrückstand 0,0020g Asche enthalten.

Betrachtet man die Asche, was hier als höchst wahrscheinlich anzunehmen ist, als NaCl, so entsprächen

0,0020g Asche **0,0012**g Cl.

Versuch 2.

10g NaCl, in 200ccm Wasser gelöst, werden mit 1g reinem, frisch gefällten Chinin vier Stunden lang digerirt, im Uebrigen ebenso behandelt wie in Versuch 1.

1. 0,2918g Chloroformrückstand gaben 0,0012g Asche.
2. 0,3270g Chloroformrückstand gaben 0,0075g AgCl, entsprechend **0,00186**g Cl.

Betrachtet man die Asche als NaCl, so entsprächen dem Aschengehalte in 0,327g Substanz **0,00082**g Cl. Differenz: 0,00104g Cl.

Versuch 3.

10g Bromkalium, in 200ccm Wasser gelöst, und 1g Chinin werden ebenso behandelt wie im vorhergehenden Versuche.

1. 0,5168g Chloroformrückstand gaben 0,0004g Asche.
2. 0,3615g gaben 0,0045g AgBr, entsprechend **0,00192**g Br.

Betrachtet man die Asche als BrK, so entsprächen dem Aschengehalte in 0,3615g Substanz **0,00019**g Br. Differenz: 0,00173g.

Versuch 4.

10g Jodkalium, in 200ccm Wasser gelöst, und 2g Chinin werden wie in Versuch 1 behandelt.

1. 0,742g Chloroformrückstand gaben 0,0038g Asche.
2. 0,7567g gaben 0,0034g AgJ, entsprechend **0,00183**g J.

Betrachtet man die Asche als J K, so entsprächen dem Aschengehalte in 0,7567 g Substanz **0,00297** g J. Die Asche enthielte darnach mehr: 0,00114 g J.

Versuch 5.

1 g Chlornatrium, 50 ccm filtrirter gemischter Speichel und 0,5 g reinstes Pepton (chlorfrei) werden mit destillirtem Wasser (300 ccm) und frisch gefälltem Chinin, das aus Chinin. bisulfuric. dargestellt wurde, vier Stunden digerirt; die weitere Behandlung war die bereits in Versuch 1 angegebene.

1. 0,7941 g Chloroformrückstand lieferten 0,0016 g Asche.

2. 1,6474 g Chloroformrückstand gaben 0,0096 g Ag Cl, entsprechend **0,0024** g Cl.

1,6474 g Chloroformrückstand würden 0,00332 g Asche enthalten. Betrachtet man diese als Na Cl, so würde ihr Chlorgehalt **0,0020** g betragen.

Nach den soeben mitgetheilten Resultaten liegt kein Grund vor, auch nach dieser Richtung hin die Zuverlässigkeit der Chininmethode für die hier zu lösende Aufgabe zu beanstanden [1]). Es durfte somit unter Benützung der durch alle hier beschriebenen Vorversuche auf ihre Brauchbarkeit wohl genügend geprüften Methode zu den eigentlichen Versuchen geschritten werden.

Versuche mit Bromnatrium.

Versuch 1.

Ein grosser Hund von 25 kg Körpergewicht erhielt 20 Tage lang täglich zweimal 3 g Na Br, dann 15 Tage lang täglich dreimal 3 g Na Br. Vom 21. Versuchstage an wurde der Magen des Thieres täglich einmal in der bereits geschilderten Weise ausgespült. Der so gewonnene verdünnte Magensaft reagirte stets stark sauer und bläute deutlich Methylanilinviolett. Derselbe wurde nach und nach mit

1) Ganz anders dürfte es um die Zuverlässigkeit dieser Methode stehen, wenn es sich darum handelt, die Salzsäure im Filtrat des Mageninhaltes nach Einfuhr von Fleisch oder gemischter Nahrung nachzuweisen. Nach meinen Erfahrungen bilden sich z. B. bei der Digestion von gehacktem Fleisch, Kochsalz und frisch gefälltem Chinin geringe Mengen von salzsaurem Chinin, ein Resultat, das wohl nach den Untersuchungen von Maly in erster Linie auf die Wirkung der im Fleisch enthaltenen Milchsäure zurückzuführen sein dürfte.

frisch gefälltem Chinin versetzt und damit bis zur neutralen Reaction auf 50—60° erwärmt. Das zum Syrup eingeengte Filtrat erstarrte im Exsiccator zu einer braunen festen Masse, welche pulverisirt und mit Chloroform ausgezogen wurde. Nachdem das Chloroform verdunstet und der Rückstand zur völligen Verjagung des Chloroforms wiederholt mit Wasser versetzt und auf dem Wasserbade erhitzt war, hinterblieb ein brauner, zäher, fadenziehender Syrup, der sich leicht in Chloroform, dagegen schwierig in Wasser löste. Die wässerige Lösung reagirte alkalisch, einige Tropfen gaben mit chlorfreier Salpetersäure angesäuert und mit Silbernitrat versetzt, eine reichliche Fällung von Chlor-Bromsilber.

Der erwähnte Syrup wurde mit wenig Wasser angerührt und darauf im Vacuum getrocknet. Da keine Krystallisation erfolgte, so wurde die hinterbleibende trockene Masse pulverisirt zu den folgenden Bestimmungen verwandt:

I. Aschebestimmung.

1,1439 g enthielten 0,0017 g Asche (0,15 %), welche sich frei von Cl und Br erwies.

II. Bestimmung von Cl und Br.

8,8927 g Substanz gaben in verdünnter Salpetersäure gelöst und mit Silbernitrat gefällt, 2,4005 g Chlor-Bromsilber.

1,8956 g Chlor-Bromsilber verloren beim Erhitzen im Chlorstrome 0,1691 g an Gewicht, entsprechend 0,7141 g AgBr.

Demnach enthielt das Gemenge

1,1815 g AgCl = 0,2923 g Cl (= 15,42 % Cl) und
0,7141 g AgBr = 0,3039 g Br (= 16,03 % Br).

2,4005 g Silberniederschlag enthalten somit

0,3701 g Cl, entsprechend 0,3806 g ClH,
0,3848 g Br, „ 0,3896 g BrH.

Demnach sind in 8,8927 g Substanz enthalten

4,16 % Cl resp. 4,28 % ClH und
4,33 % Br „ 4,38 % BrH.

Versuch 2.

Ein 21 kg schwerer, kräftiger Hund erhielt vom 8. bis 22. Februar 1882 im Ganzen 135 g NaBr und zwar täglich dreimal 3 g. Von dem

Thiere wurde 14 Tage lang täglich einmal in der früher angegebenen Weise verdünnter Magensaft gewonnen. Derselbe reagirte stets stark sauer, gab mit Methylanilinviolett sehr deutliche Reaction und wurde nach der Neutralisation mit frisch gefälltem Chinin ganz wie in dem vorigen Versuche weiter behandelt. Der schliesslich resultirende Rückstand des Chloroformauszuges stellte völlig getrocknet und zerrieben ein gelblich-weisses Pulver dar, mit welchem die folgenden Bestimmungen ausgeführt wurden.

I. Aschebestimmung.

1,1143 g hinterliessen keine Asche.

II. Chlor- und Brombestimmung.

11,3960 g ergaben 5,136 g AgCl + AgBr. Davon verloren 4,1180 g beim Erhitzen im Chlorstrome 0,6817 g an Gewicht, entsprechend 2,8788 g AgBr. In 4,1180 g AgCl + AgBr waren also

1,2932 g AgCl, entsprechend 0,3066 g Cl (= 7,44 % Cl),
2,8788 g AgBr, „ 1,2250 g Br (= 29,75 % Br).

5,136 g AgCl + AgBr enthalten demnach
0,3823 g Cl, entsprechend 0,3931 g HCl und
1,5278 g Br, „ 1,5469 g HBr.

In 11,3960 g Substanz sind mithin enthalten
3,35 % Cl resp. 3,45 % ClH und
13,41 % Br „ 13,57 % BrH.

Versuche mit Bromkalium.

Den Befund, dass nach Einfuhr von Bromnatrium im Magensaft Bromwasserstoffsäure auftritt, ohne experimentelle Prüfung auch auf Bromkalium zu übertragen, wäre voreilig; denn während bei der Schichtendiffusion das gewöhnliche phosphorsaure Natrium aus Chlorcalcium Salzsäure freimacht, findet nach Maly bei Anwendung von Chlormagnesium eine solche Säurebildung auffallender Weise nicht statt.

Die weitere Bearbeitung des verdünnten Magensaftes wich von dem früheren Verfahren nur insofern ab, als der Extraction mittels Chloroforms die Behandlung mit absolutem Alkohol voranging.

Ein Hund von 4650 g Körpergewicht erhielt sieben Tage lang täglich dreimal 1 g Bromkalium in wässeriger Lösung per os. Vom 3. Tage an wurde täglich vormittags einmal Magensaft mittels des Heberapparates gewonnen und zwar stets vor dem Eingeben von Bromkalium. Der schliesslich gewonnene Chloroformauszug hinterliess 4,133 g völlig trockenen Rückstand.

I. Aschebestimmung.

0,7518 g Substanz hinterliessen 0,0005 g Asche.

II. Chlor- und Brombestimmung.

3,3812 g Substanz gaben 0,6742 g AgCl + AgBr.
Beim Erhitzen im Chlorstrome verlor das Gemisch an Gewicht 0,0971 g, entsprechend 0,4102 g AgBr.

Das Gemisch enthielt mithin
0,2640 g AgCl, entsprechend 0,0672 g ClH,
0,4102 g AgBr, „ 0,1767 g BrH.

Die gesammte Substanzmenge von 4,133 g enthielt demnach
0,0821 g ClH = 1,99 % ClH,
0,2160 g BrH = 5,23 % BrH.

Versuche mit Jodkalium.

Schmiedeberg sagt in seinem Grundriss zur Arzneimittellehre (S. 154): „Jodwasserstoffsäure findet sich höchst wahrscheinlich auch im Magen nach dem Einnehmen von Jodkalium. Buchheim und Strauch konnten sie darin allerdings nicht nachweisen, doch hängt das wohl davon ab, dass die Jodwasserstoffsäure leicht zersetzt und das dabei auftretende Jod an Eiweiss gebunden und in dieser Form dem direkten Nachweis entzogen wird.“

Buchheim [1]) äussert sich hierüber folgendermassen: „Die nach dem Einnehmen von Bromkalium oder Jodkalium im Magen gebildete Brom- oder Jodwasserstoffsäure würde sich kaum anders verhalten als die normale Magensäure. An ein Freiwerden von Jod aus der im Magen befindlichen Jodwasserstoffsäure ist nicht wohl zu denken, da hier die dazu nöthigen Bedingungen fehlen.“

1) Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 3 S. 108.

Ein Hund von 8020 g Körpergewicht erhielt fünf Tage lang täglich dreimal 1 g Jodkalium in Wasser gelöst per os. Es wurden fünf Ausheberungen in derselben Weise gewonnen und verarbeitet wie in dem Versuche mit Bromkalium Der völlig trockene Rückstand des Chloroformauszuges betrug 4,379 g.

I. Aschebestimmung.

0,5878 g Substanz hinterliessen 0,0002 g Asche.

II. Chlor- und Jodbestimmung.

3,7912 g Substanz gaben 0,7126 g AgCl + AgJ.

Beim Erhitzen im Chlorstrome verlor das Gemisch an Gewicht 0,0120 g, entsprechend 0,0308 g JAg.

Das Gemisch enthielt mithin

0,6818 g AgCl, entsprechend 0,0165 g ClH,

0,0308 g AgJ, „ 0,1734 g JH.

Die gesammte Substanzmenge von 4,379 g enthielt demnach

0,2003 g ClH = 4,57 % ClH,

0,0191 g JH = 0,44 % JH.

In einem weiteren Versuche erhielt ein Hund von 9110 g Körpergewicht zwei Tage lang täglich dreimal 100 ccm einer 1 proc. Jodkaliumlösung. Es wurden am 3. Tage fünf Ausheberungen hintereinander vorgenommen und ganz wie bei dem vorigen Versuche weiter verarbeitet.

Der Gesammtrückstand des Chloroformauszuges betrug 5,4477 g.

I. Aschebestimmung.

0,7527 g Substanz hinterliessen keine Asche.

II. ClH- und JH-Bestimmung.

4,695 g Substanz gaben 1,0793 g AgCl + AgJ (auf gewogenem Filter unter Lichtabschluss gesammelt und bei 110° getrocknet).

0,9250 g AgCl + AgJ verloren beim Erhitzen im Chlorstrome 0,0044 g an Gewicht, entsprechend 0,0113 g AgJ.

Darnach sind enthalten in 1,0793 g AgCl + AgJ

1,0661 g AgCl, entsprechend 0,2712 g HCl,

0,0132 g AgJ, „ 0,0072 g HJ.

In 5,4477 g Substanz wären

0,3148 g HCl = 5,78 %

und 0,0084 g HJ = 0,15 %.

Somit wäre in beiden Versuchen übereinstimmend eine nur geringe Menge freier Jodwasserstoffsäure nachgewiesen worden, ein Befund, der mir für die oben citirte Ansicht Schmiedeberg's zu sprechen scheint.

Das Endresultat der vorliegenden Untersuchung wäre der experimentell erbrachte Beweis, dass nach Einfuhr von Bromnatrium oder Bromkalium oder Jodkalium im Magensafte neben Chlorwasserstoffsäure auch Bromwasserstoffsäure resp. Jodwasserstoffsäure auftreten, dass also der thierische Organismus nicht nur Chloride, sondern auch Bromide und Jodide zu zersetzen vermag.

Zur Kenntniss des Indischgelb und der Glykuronsäure.

Von

E. Külz.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

(Der Redaction zugegangen am 17. September d. J.)

Aus dem vom Orient in den Handel geworfenen Purree wird bekanntlich das Indischgelb dargestellt, das aus fast reiner basisch euxanthinsaurer Magnesia besteht. Nachdem Erdmann[1]) die Euxanthinsäure als eine gepaarte Verbindung erkannt und durch concentrirte Schwefelsäure in das schön krystallisirende Euxanthon und in eine syrupöse, mit der Schwefelsäure in Verbindung getretene Substanz (Hämathionsäure $C_{14}H_{14}O_{12}SO_3$) zerlegt hatte, fand W. Schmid[2]) unter Leitung von Zwenger, dass der zweite Component Kupferoxyd in alkalischer Lösung zu reduciren vermag.

Baeyer[3]) stellte sowohl für die Euxanthinsäure als das Euxanthon neue Formeln auf und drückte die Spaltung, welche die Euxanthinsäure durch Kochen mit Salzsäure erleidet, durch folgende Gleichung aus:

$$C_{19}H_{16}O_{10} + H_2O = C_{13}H_8O_4 + C_6H_{10}O_7,$$

indem er sich den Körper von der Zusammensetzung $C_6H_{10}O_7$ mit dem Euxanthon und der Euxanthinsäure gepaart dachte. „Was die Substanz $C_6H_{10}O_7$ ist", heisst es bei Baeyer, „muss noch dahingestellt bleiben, man kann nur vermuthen, dass sie eine Art von Zuckersäure ist, die in der Mitte zwischen Isodiglykoläthylensäure und Zuckersäure steht:

$C_6H_{10}O_6$ Isodiglykoläthylensäure

$C_6H_{10}O_7$

$C_6H_{10}O_8$ Zuckersäure."

---

1) Journ. f. prakt. Chemie Bd. 33 S. 90 und Bd. 37 S. 385.

2) Liebig's Annalen Bd. 93 S. 88.

3) Liebig's Annalen Bd. 155 S. 257.

A. Spiegel[1]) gelang es endlich in Baeyer's Laboratorium, jene hypothetische Säure zu isoliren und ihre Identität mit der von Schmiedeberg und Hans Meyer[2]) entdeckten Glykuronsäure nachzuweisen.

Die freie Glykuronsäure, welche bis jetzt nur als Syrup erhalten wurde, kann in ein laktonartiges, gut krystallisirendes Anhydrid $C_6 H_8 O_6$ übergeführt werden. Bisweilen scheidet sich das Anhydrid bei längerem Stehen der syrupösen Glykuronsäure von selbst aus, unter noch nicht näher gekannten und deshalb nicht zu beherrschenden Bedingungen. Freilich ist dies nicht immer der Fall; selbst ein in die Lösung gelegter Krystall des Anhydrids versagt oft seinen Dienst.

Während von dem aus Camphoglykuronsäure gewonnenen Glykuronsäureanhydrid drei Analysen bekannt sind, existirt von dem aus Euxanthinsäure dargestellten Präparate nur eine[3]). Es schien mir somit eine erneute Analyse um so weniger überflüssig, als die Salze der Glykuronsäure, soweit meine Erfahrungen bis jetzt reichen, amorph und unbeständig sind, und zahlreiche und sorgfältige Analysen reinster Präparate des trichloräthylglykuronsauren (urochloralsauren) Natriums[4]) zur Formel $C_6 H_{12} O_7$ besser stimmten. Die Spaltung der Euxanthinsäure vollzog ich nach Spiegel, dessen Angaben ich bestätigen kann, mit Wasser im zugeschmolzenen Rohre bei 140° theils mit, theils ohne Zusatz von Schwefelsäure. Für die Darstellung grösserer Mengen des Glykuronsäureanhydrids wirkt ausser der mitunter ohne ersichtlichen Grund nicht gelingenden Krystallisation noch der Umstand erschwerend, dass in einem Rohre nur eine verhältnissmässig geringe Menge Euxanthinsäure (durchschnittlich 2 g) gespalten werden kann. Dieser letztere Uebelstand lässt sich dadurch umgehen, dass man den von Soxhlet construirten Dampftopf[5]) benützt, der es gestattet, grössere Mengen Euxanthinsäure auf einmal zu spalten.

---

1) Berichte d. d. chem. Ges. Bd. 15 S. 1964.

2) Zeitschr. f. physiolog. Chemie Bd. 3 S. 422.

3) Spiegel a. a. O.

4) Pflüger's Archiv Bd. 28 S. 506.

5) Der hiesige Mechanikus Hoffmeister liefert diesen höchst zweckmässigen Dampftopf in solider Ausführung zu 120 M.

Das zur Analyse verwandte Glykuronsäureanhydrid war wiederholt aus Wasser umkrystallisirt worden; es bildete wasserhelle, dicke Tafeln des monoklinischen Systems, deren grösster Durchmesser etwa $^1/_2$ cm betrug. Zerrieben stellte das Präparat ein schneeweisses Pulver dar, das mittels des von Schmiedeberg und Hans Meyer construirten Exsiccators [1]) im Vacuum bei 90—100° bis zum constanten Gewichte getrocknet wurde. Die Verbrennung wurde mit Kupferoxyd im Sauerstoffstrome ausgeführt.

I. 0,2127 g gaben
0,3216 g CO^2, entsprechend 41,24 % C.
0,0866 g H_2O, „ 4,52 % H.

II. 0,2242 g gaben
0,3381 g CO^2, entsprechend 41,13 % C.
0,0890 g H_2O, „ 4,41 % H.

In beiden Analysen erwies sich das Präparat aschefrei.

	I.	II.	Die Formel $C_6H_8O_6$ verlangt:
C	41,24	41,13	40,91
H	4,52	4,41	4,55

Beide Analysen stimmen am besten zur Formel $C_6H_8O_6$ für das Glykuronsäureanhydrid und rechtfertigen somit auch für die Glykuronsäure die Formel $C_6H_{10}O_7$.

Der Schmelzpunkt des Glykuronsäureanhydrids konnte nicht sicher festgestellt werden. Lässt man die Temperatur sehr langsam ansteigen, so beginnt die Substanz bei etwa 160° sich zu bräunen und langsam unter Zersetzung zu schmelzen. Bei 170° C. ist sie vollkommen geschmolzen und zersetzt. Steigert man die Temperatur schnell, so schmilzt und zersetzt sich die Substanz erst zwischen 170—180° C. Spiegel's (a. a. O.) Präparat schmolz bei 167° und zersetzte sich alsdann. Ein Spiegel nachträglich von Schmiedeberg zur Verfügung gestelltes, nicht ganz reines Präparat begann bei 165° sich zu zersetzen, bei 170° war es geschmolzen und zersetzt.

1) Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. 3 S. 425. Auch diesen kleinen Apparat, welcher die grösste Verbreitung verdient, liefert mit allem Zubehör preiswürdig der hiesige Mechanikus Hoffmeister.

Specifische Drehung des Glykuronsäureanhydrids.

Schmiedeberg und Meyer (a. a. O.) sagen: „Die wässerige Lösung der Glykuronsäure dreht die Ebene des polarisirten Lichtes rechts. Eine quantitative Bestimmung haben wir aus Mangel an genügendem Material bisher nicht ausgeführt. Doch dürfte die specifische Drehung etwa die Hälfte von der des Traubenzuckers betragen.“ Spiegel giebt nach einer von Dr. Kiliani vorgenommenen Untersuchung das Anhydrid als schwach rechtsdrehend an.

Dasselbe Präparat, welches zu den beiden oben mitgetheilten Analysen verwandt wurde, diente auch zur optischen Untersuchung, die mittels eines Jelett-Cornu'schen, von Schmidt und Hänsch gelieferten Halbschattenapparates mit Keilcompensation vorgenommen wurde. Derselbe ist für Traubenzucker nach der von Tollens ermittelten specifischen Drehung ($\alpha_D = 53,1$) getheilt, so dass man beim Gebrauche des 200 mm langen Rohres direct die Procente ablesen kann. Als Lichtquelle diente eine Petroleumlampe. Die Bestimmung wurde bei einer Zimmertemperatur von 21° C. ausgeführt und zwar so, dass von fünf Ablesungen das Mittel genommen wurde. Die specifische Drehung wurde berechnet nach der Formel

$$[\alpha]_D = \frac{53,1\,a}{p}$$

worin a die abgelesene Drehung, p den Procentgehalt der Lösung an Glykuronsäureanhydrid bedeutet.

Angewandte Substanz	= 0,4566 g
gelöst in	14,867 g Wasser
Temperatur . . .	= 21° C.
p	= 3,071
Länge des Rohres .	= 200 mm
a	= + 1,12
$[\alpha]_D$	= + 19,4

Die Substanz zeigt keine Birotation.

Ursprung des Indischgelb.

Wenn auch durch die Arbeit Spiegel's, der die Euxanthinsäure als gepaarte Glykuronsäure (Euxanthoglykuronsäure) kennen gelehrt hat, der thierische Ursprung des Indischgelb wieder mehr

an Wahrscheinlichkeit gewonnen hat, so ist damit noch nicht die unzweifelhafte und ausschliessliche Richtigkeit dieses Ursprunges erwiesen. Es schien mir von Belang, festzustellen, ob Euxanthon, dem thierischen Organismus einverleibt, im Harne wirklich als gepaarte Glykuronsäure erscheint und ob diese mit der aus Purree gewonnenen Euxanthinsäure identisch ist. Das zu diesen Versuchen verwandte Euxanthon wurde bei der Darstellung des Glykuronsäureanhydrids aus Euxanthinsäure (s. oben) gleichzeitig rein gewonnen. Von noch nicht gespaltener Euxanthinsäure trennt man das Euxanthon am besten durch Aether, worin nur das Euxanthon löslich ist. Die Trennung gelingt auch mit Benzol, von dem auch nur das Euxanthon gelöst wird. Die Angabe der Lehrbücher, Euxanthinsäure sei in Aether leicht löslich, muss auf einem Irrthum beruhen.

Versuche.

Einem kräftigen Kaninchen wurden 0,7 g Euxanthon [1]) in Substanz per os beigebracht.

Der darauf gelassene Harn war von intensiv gelber Farbe, drehte deutlich links und reducirte ohne weiteres nicht, wohl aber nach längerem Erhitzen mit Salzsäure. Die Hauptmasse des gesammelten Harnes wurde auf ein kleines Volumen eingedampft und mit Salzsäure versetzt. Nach einigem Stehen schieden sich feine gelbe Nadeln aus, welche abfiltrirt, mit Wasser gewaschen und schliesslich in Alkohol gelöst wurden. Aus dem Filtrat der alkoholischen Lösung schieden sich gelbe Nadeln vom Habitus der Euxanthinsäure aus. Die Krystalle äusserten auf Kupferoxyd in alkalischer Lösung keine reducirende Wirkung. Ein Theil der Krystalle wurde mit Wasser im zugeschmolzenen Rohre vier Stunden auf 130—140° erhitzt. Das braune Filtrat des Röhreninhaltes, in dem man grosse, gelbe Krystalle gewahren konnte, reducirte stark. Die aus verdünntem Alkohol wiederholt umkrystallisirten gelben Nadeln, welche man schon ohne weiteres als Euxanthon erkennen konnte, schmolzen wie ein aus Purree dargestelltes Präparat von Euxanthon bei ca. 245° C.

1) Das Euxanthon, welches in allen hier mitgetheilten Versuchen zur Verfütterung kam, war absolut frei von Euxanthinsäure.

Die in weiteren Versuchen aus Kaninchenharn nach Fütterung mit Euxanthon dargestellte Euxanthinsäure wurde viermal aus verdünntem Alkohol (50 %) umkrystallisirt, bei 90—100° im Vacuum neben Schwefelsäure bis zum constanten Gewichte getrocknet und mit Kupferoxyd im Sauerstoffstrome verbrannt.

I. 0,2050 g gaben
0,4232 g $CO O^2$, entsprechend 56,30 % C,
0,0781 g H_2O, „ 4,25 % H,
0,0018 g Asche.

II. 0,2069 g gaben
0,4293 g CO^2, entsprechend 56,59 % C,
0,0739 g H_2O, „ 3,97 % H,
0,0020 g Asche.

	I.	II.	$C_{19}H_{16}O_{10}$ [1]) verlangt:
C	56,30	56,59	56,43
H	4,25	3,97	3,96

Sowohl die aus Purree dargestellte, wie die aus Kaninchenharn nach Fütterung mit Euxanthon gewonnene Euxanthinsäure dreht, wie alle bis jetzt bekannten gepaarten Glykuronsäuren links. Auch beim Hunde erscheint per os eingeführtes Euxanthon als Euxanthinsäure im Harn, wie aus den beiden nachfolgenden Versuchen hervorgeht.

Zwei Hunde von 6400 g resp. 7200 g Körpergewicht erhielten am 28. August 1885 per os je 3,5 g Euxanthon, das mit Zusatz von etwas Natronlauge in Wasser gelöst war. Der darauf von beiden Thieren im Verlaufe von drei Tagen entleerte Harn liess keine Gelbfärbung erkennen und zeigte nur eine minimale Linksdrehung. Erst als sämmtliche Harnportionen beider Thiere vereinigt waren, liess sich eine geringe Menge reiner Euxanthinsäure daraus gewinnen.

Man darf somit behaupten, dass das Indischgelb vom thierischen Organismus gebildet werden kann. Der mehrfach angenommene pflanzliche Ursprung ist damit selbstverständlich noch nicht endgültig widerlegt.

Von der Ueberlegung ausgehend, dass, wenn das Purree des Handels wirklich thierischen Ursprunges ist, sich unter Umständen

1) Nach Spiegel (Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 15 S. 1969) würde diese Formel dem Euxanthin, dem Anhydrid der Euxanthinsäure, zukommen.

noch Harnbestandtheile darin nachweisen lassen müssten, kochte ich 100 g Purree mit Wasser aus. Der Rückstand des filtrirten Decoctes wurde bei der Prüfung mit Natrium ziemlich reich an Stickstoff[1]) befunden, er entwickelte mit Bromlauge Stickstoff und gab mit salpetersaurem Quecksilberoxyd einen Niederschlag. Die Reindarstellung von salpetersaurem Harnstoff gelang nicht.

Der Versuch, in dem rohen Purree Harnsäure nachzuweisen, führte ebenfalls nicht zum Ziele.

Zur Gewinnung etwa darin enthaltener Hippursäure wurden die von der Zerlegung der euxanthinsauren Magnesia mittels Salzsäure gebliebenen Mutterlaugen verarbeitet. Nach der Neutralisation mit Natriumcarbonat wurden sie eingedampft und mit Alkohol ausgekocht. Die alkoholischen Auszüge hinterliessen Rückstände, welche von Neuem mit Alkohol und ausserdem mit Thierkohle behandelt wurden. In dem immer noch braunen, zum Theil krystallinischen Rückstand liess sich reichlich Stickstoff nachweisen.

Auf Zusatz von Salzsäure schieden sich Krystalle aus. Da keine genügende Reinigung erzielt wurde, so konnte die Hippursäure nicht sicher als solche charakterisirt werden. Es blieb nur noch übrig, mit der fraglichen Hippursäure einen Spaltungsversuch auszuführen. Die Rückstände wurden deshalb mit Salzsäure am Rückflusskühler vier Stunden lang gekocht, darauf wurde die Masse verdünnt und abdestillirt. Das sauer reagirende Destillat wurde nach

---

1) Von der Verpackung des Purree kann der N-Gehalt nicht wohl herrühren, da sie in Kisten erfolgt und überdies der Kern der Stücke sich ebenfalls N-haltig erweist. Nach einer freundlichen Mittheilung des Herrn Dr. Schönfeld in Düsseldorf, dessen ausserordentlicher Liberalität ich das Material zu meinen Versuchen verdanke, kommt das rohe Indischgelb in faustgrossen Stücken von ca. 100 g in den Handel. Dasselbe wird nur mit kochendem Wasser ausgelaugt, bis das Wasser sich nicht mehr färbt. Der getrocknete Rückstand bildet dann das gereinigte Indischgelb, bei dessen Herstellung somit keinerlei Zusätze gemacht werden. Uebrigens variirt die Farbe nach der Qualität des Rohmaterials. Durch eine vergleichende Untersuchung verschiedener Muster würde sich der Grund dieser Farbenüance feststellen lassen, die höchst wahrscheinlich dadurch bedingt ist, dass das Indischgelb aus verschiedenen Magnesium- und vielleicht auch Calciumsalzen der Euxanthinsäure besteht. Kocht man reine Euxanthinsäure mit überschüssiger Magnesia, so erhält man ein orangerothes Pulver; mit überschüssiger Kalkmilch gekocht, liefert Euxanthinsäure eine citronengelbe Masse.

der Neutralisation mit Natronlauge auf ein ganz geringes Volumen gebracht und mit Salzsäure zerlegt. Es schieden sich farblose Krystalle aus, die abfiltrirt und gewaschen wurden; sie liessen sich sublimiren, schmolzen bei 121 ° C. und stimmten auch im Aussehen mit Benzoësäure überein.

Die bei der fabrikmässigen Reindarstellung des Indischgelb abfallenden wässerigen Decocte dürften ein geeignetes Material abgeben, die Hippursäure zu gewinnen, falls solche überhaupt darin vorkommt. Bemerkt sei übrigens noch, dass der N-Gehalt des gereinigten Indischgelbs auch herrühren könnte von einer N-haltigen gepaarten Glykuronsäure, ganz wie Schmiedeberg und Meyer[1]) bei der Campherfütterung eine amorphe N-haltige Säure (Uramidocamphoglykuronsäure) aus dem Harn isolirten. Erhitzt man nämlich das gereinigte Indischgelb des Handels mit verdünnter Salzsäure drei Stunden lang am Rückflusskühler und übersättigt das Filtrat mit Natronhydrat, so entwickelt sich Ammoniak, eine Reaction, die auch Schmiedeberg und Meyer an ihrer muthmasslichen Uramidocamphoglykuronsäure feststellten.

Dem Purree wie dem gereinigten Indischgelb ist ein charakteristischer Geruch eigenthümlich. Erhitzt man gereinigtes Indischgelb mit Schwefelsäure mehrere Stunden am Rückflusskühler, so kann man mit Wasserdämpfen die eigenthümlich riechende Substanz überjagen. Das mit Aether geschüttelte Destillat gibt an den Aether die riechende Substanz ab.

Steht Mangostin in Beziehung zur Bildung von Euxanthinsäure?

Nach einer Angabe soll das Purree aus dem Absatze des Harns von Kameelen gewonnen werden, wenn sie die Früchte des Mangostanbaumes (Garcinia mangostana) gefressen haben. Schmid[2]) vermuthet, dass das von ihm aus Mangostanschalen dargestellte Mangostin „durch den Lebensprocess in Euxanthinsäure übergeführt werden könnte". Ich habe aus trockenen, alten, von Merck bezogenen Mangostanschalen, welche dieselbe Beschaffenheit zeigten, wie die von Schmid verarbeiteten, sowohl alkoholische Extracte

1) Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. 3 S. 446 und 447.

2) a. a. O.

bereitet, wie Mangostin nach den Angaben von Schmid dargestellt, um Kaninchen damit zu füttern. Es trat in keinem Falle Euxanthinsäure im Harn auf, die mir nicht wohl entgangen sein kann, so dass jene Vermuthung Schmid's in meinen Versuchen keine Stütze findet.

Ueber die Schicksale des Traubenzuckers im Thierkörper wusste man bis vor wenigen Jahren nichts Positives. Durch die wichtige Entdeckung der Glykuronsäure von Schmiedeberg und Meyer wurde ein bedeutsamer Schritt vorwärts gethan. Nach der Ansicht dieser Autoren ist die Glykuronsäure ein directer Abkömmling des Traubenzuckers und kann als ein Zwischenproduct seiner Verbrennung aufgefasst werden. Wenn auch für die Richtigkeit dieser Ansicht ausser der Formel die optische Wirksamkeit wie das Reductionsvermögen der Glykuronsäure sprechen, so muss doch an die Möglichkeit gedacht werden, dass die Glykuronsäure ein Oxydationsproduct des Inosits ist. Sieht man von der postmortalen Saccharificirung des Glycogens ab, so dürfte der Organismus kaum weniger Inosit als Traubenzucker enthalten, ein Umstand, dem bei künftigen, den Kohlehydratbestand des thierischen Organismus betreffenden Untersuchungen Beachtung zu schenken wäre. Wenn auch die Glykuronsäure aus dem Blute als solche noch nicht dargestellt wurde, ein Mangel, der lediglich in der difficilen Behandlung der Säure seinen Grund haben dürfte, so kann doch kaum bezweifelt werden, dass sie fortwährend darin kreist [1]). Werden geeignete Moleküle eingeführt, so kann sie der weiteren Verbrennung dadurch entrissen werden, dass diese entweder als solche oder deren Oxydationsproducte oder deren Reductionsproducte sich mit der Glykuronsäure verbinden und als gepaarte Glykuronsäuren im Harn auftreten.

Bei den bis jetzt bekannten Glykuronsäuren handelt es sich um Paarlinge, die vom thierischen Organismus, speciell vom Kaninchen, nur in geringer Dose vertragen werden (Campher, Chloralhydrat, Butylchloralhydrat, Phenol, Hydrochinon, Brenzkatechin, Resorcin,

---

1) Es mag hier darauf hingewiesen werden, dass die früheren Bestimmungen des Blutzuckers, deren Exactheit ohnedies schon viel zu wünschen übrig lässt, seit der Entdeckung der Glykuronsäure in einem anderen Lichte erscheinen.

Thymol, Terpentin). Gelänge es, einen Paarling ausfindig zu machen, der ohne schädliche Nebenwirkungen vom thierischen Organismus in grösserer Menge vertragen wird, so wäre damit vielleicht die Möglichkeit gegeben, den Kohlehydratbestand eines Thieres in kürzerer Zeit auf ein Minimum zu reduciren, als es bisher durch die Carenz allein zu erzielen war.

Das Euxanthon schien mir in dieser Beziehung einige Aussicht auf Erfolg zu bieten. Soweit mein Material reichte, suchte ich mich von der Reaction der Thiere auf die Einfuhr grösserer Mengen von Euxanthon zu überzeugen [1]).

Ein gut genährtes, isolirtes Kaninchen von 2170 g Körpergewicht erhielt am 5. Juni 1884 von 9 Uhr früh ab bis 4 Uhr nachmittags stündlich 1 g Euxanthon per os, im Ganzen also 8 g. Im Uebrigen blieb das Thier ohne Nahrung. Bis 12 Uhr mittags des anderen Tages (6. Juni 1884) wurden 101 ccm Harn gewonnen, der reichlich Euxanthinsäure enthielt, nicht reducirte und frei von Eiweiss war. Von 1 Uhr bis 7 Uhr erhielt das Thier wieder stündlich je 1 g Euxanthon, so dass dem Thiere im Ganzen 15 g Euxanthon beigebracht waren.

Am 7. Juni 1884 6 Uhr 30 Min. morgens werden noch 75 ccm Harn ausgedrückt, von derselben, oben bereits angegebenen Beschaffenheit. Unmittelbar darauf wird das Thier, das bis dahin keinerlei Intoxikationserscheinungen gezeigt hatte, getödtet. Die Leber erwies sich glykogenfrei. Das eingeführte Euxanthon war zum grössten Theil nicht resorbirt, konnte in allen Theilen des Darms, der übrigens keinerlei Reizungserscheinungen zeigte, konstatirt und aus dem Darminhalt wiedergewonnen werden.

Filtrirt man den nach der Fütterung mit Euxanthon gewonnenen Kaninchenharn, so gewahrt man nach einigem Stehen des etwas eingedampften Filtrates einen Bodensatz, der denselben Farbenton hat, wie das gereinigte Indischgelb. Das abfiltrirte und mit Wasser gewaschene Sediment enthält ausser geringen Mengen von Calcium vornehmlich Magnesium.

---

1) Auf die Zunge gebracht, erzeugt Euxanthon weder Geschmack noch wirkt es irgendwie reizend.

Die Resorbirbarkeit des in Wasser sehr schwer löslichen Euxanthons kann übrigens wesentlich dadurch erhöht werden, dass man das mit Wasser verriebene Euxanthon durch Zusatz von möglichst wenig Natronlauge theils löst, theils fein suspendirt oder dadurch, dass man das in Natronlauge gelöste Euxanthon mit Salzsäure versetzt. Das Euxanthon scheidet sich alsdann so fein aus, dass es den Thieren bequem beigebracht werden kann.

Zwei kräftige Kaninchen von 2010g resp. 1590g Körpergewicht erhielten am 5. September 1885 2 Uhr nachmittags durch die Schlundsonde auf einmal je 8g Euxanthon. Das pulverisirte und in Wasser noch weiter zerriebene Euxanthon wurde unter allmählichem Zusatz von 0,5g Natronhydrat und Wasser theils gelöst, theils so fein suspendirt, dass die für jedes Thier 80ccm betragende Flüssigkeit, die nicht alkalisch reagirte und kaum Geschmack hatte, aus einem feinen Nelaton'schen Katheter gut abfloss. Der täglich gesammelte Harn war noch am 10. September intensiv gelb, erst am 11. September zeigte der Harn eine geringere Gelbfärbung und am 16. September schien bei beiden Thieren, deren Befinden und Fresslust während der ganzen Versuchsdauer völlig normal erschienen, die Ausscheidung von Euxanthinsäure beendet zu sein. In die Excremente war kein Euxanthon übergegangen.

Durch 8g Euxanthon, vorausgesetzt, dass es völlig resorbirt wurde und nur mit Glykuronsäure sich paarte, würden dem Thiere 6,808g Glykuronsäure in Form von Euxanthinsäure entzogen worden sein. Falls das Purree wirklich thierischen Ursprungs ist, so steht zu hoffen, dass die im Futter enthaltene, das Euxanthon liefernde Muttersubstanz, deren Feststellung nur eine Frage der Zeit ist, für die Resorption und für die Ausfuhr grösserer Mengen von Glykuronsäure weit günstigere Verhältnisse bietet.

Directe Reizung der quergestreiften Muskeln mittels des constanten Stromes.

Von

K. Hällstén in Helsingfors.

(Mit Tafel IV.)

Vor 25 Jahren ungefähr fing man an, eine grössere Aufmerksamkeit den Reactionen zu widmen, welche die quergestreiften Muskeln bei Einwirkung des constanten Stromes zeigen; zu dieser Zeit wurden nämlich die Untersuchungen von Heidenhain, Kühne, Wundt und v. Bezold gemacht, welche den Einfluss der Stromrichtung auf das Eintreten der Zuckung kennen lehrten, ferner die Verschiebung des Muskelinhalts in der Richtung des Stromes, die dauernde Verkürzung, welche der Muskel zeigt, wenn der Strom geschlossen wird, und die Abhängigkeit der Zuckung von der Oeffnung und Schliessung des Stromes, sowie die elektrotonischen Veränderungen der Irritabilität; auch später sind die hierher gehörenden Verhältnisse Gegenstand der Untersuchungen gewesen, unter anderen von Engelmann und Biedermann. Dessen ungeachtet erlaube ich mir einige hierher gehörende Untersuchungen mitzutheilen.

Bei Ausführung der Untersuchungen dieser Art ist zunächst der Einfluss der intramusculären Nerven zu eliminiren und zweitens sind unpolarisirbare Elektroden anzuwenden. Einfache Methoden dafür sind jetzt bekannt [1]); zur Erreichung des ersten Zieles sind die Untersuchungen an den Muskeln curarisirter Thiere auszuführen; für den zweiten Zweck eignen sich freilich du Bois-Reymond's

1) Vergl. Hermann's Handb. der Physiol. Bd. 1, Thl. 1, S. 83 u. 93.

Elektroden als solche nicht recht, da der Muskel bei jeder Zuckung gegen die Elektroden gleitet und dabei die Berührung sogar ganz aufgehoben werden kann; dieser Missstand wird indessen ganz vermieden, wenn sog. Seilelektroden (Hermann) zur Anwendung kommen. Die Untersuchungsmethode bestand daher in Folgendem: Nachdem das Thier vollständig curarisirt worden, so dass es selbst bei Berührung (Druck auf die Zehen) unbeweglich liegt, wird das Muskelpräparat angefertigt; dieses bestand bei allen Untersuchungen aus dem M. gastrocnemius in Zusammenhang mit dem os femoris und der Achillessehne, sowie anfangs auch dem nervus ischiadicus. Das os femoris und die Achillessehne dienen hier dazu, den Muskel in gewöhnlicher Weise an Pflüger's Myographion zu befestigen. Der Nervenstamm wieder dient bloss zur Prüfung der wirklich vollständigen Curarisirung, bevor die eigentliche Untersuchung beginnt; zu dem Zwecke wird der Nervenstamm ganz einfach durch Kneifen mit der Pincette oder besser mittels des Stromes, der bei der Untersuchung überhaupt zur Anwendung kommt, gereizt; nach einem solchen vorbereitenden Versuch, der die Anwendbarkeit des Präparates anzeigt, ist der Nervenstamm als unnöthig und der eigentlichen Untersuchung hinderlich zu entfernen. Schliesslich werden mit einem einfachen Knoten in 1% Chlornatriumlösung getauchte Wollenfäden mit dem einen Ende um den Muskel oder seine Befestigungspunkte gebunden, je nachdem der Versuch es erfordert; die anderen Enden werden einige Male um die Thonspitzen von du Bois-Reymond's Elektroden gewunden. Da hierbei die Fäden nicht gespannt sind, so behalten die Enden ihre Lage während der Muskelcontractionen bei, auch wenn sie um den Muskel selbst geknotet sind.

Die hauptsächlichsten Fragen, welche in vorliegender Abhandlung berücksichtigt werden, sind: die reizende Wirkung des constanten Stromes und die dauernde Verkürzung, welche Wundt[1]) die Schliessungszuckung begleiten sah; ferner die Ausdauer des Muskels bei wiederholter Reizung.

1) W. Wundt, Die Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858, S. 122—130, sowie: Ueber den Verlauf der Muskelzusammenziehung bei directer Muskelreizung. Müller's Archiv, Jahrg. 1879, S. 549—552.

Von diesen Fragen wäre es vielleicht am passendsten, hier die der Ausdauer des Muskels voranzustellen, da es wesentlich hierauf beruht, wie oft die Reizungen vorgenommen werden können und wie überhaupt die Untersuchung ausgeführt werden soll. — Die Reactionen, welche der Muskel auf elektrische Ströme zeigt, müssen doch der Hauptsache nach für die Untersuchung der Ausdauer des Muskels bekannt sein; daher mögen folgende die Ausdauer betreffende Umstände, als von Wichtigkeit für die Ausführung wiederholter Reizungen hier vorausgeschickt werden. Wird der Strom einige Augenblicke geschlossen gehalten, so müssen die Reizungen mit Zwischenpausen von mehreren — ungefähr zehn — Secunden ausgeführt werden, damit das Präparat auf gleiche Weise reagiren soll; und nach einigen derartigen Reizungsversuchen muss das Präparat einige Minuten ruhen. Wird der constante Strom dagegen unmittelbar nach der Schliessung geöffnet oder werden Inductionsströme als Reizmittel angewandt, so kann die Zeit zwischen den Reizungen auf einige wenige — z. B. fünf — Secunden beschränkt werden, ohne dass die Ausdauer des Präparates sich wesentlich verändert. Ueberhaupt scheint in diesem Fall kein Umstand die Beschleunigung der auf einander folgenden Reizungen zu fordern, da der Muskel sich lange Zeit unverändert im feuchten Myographionraume erhält; dagegen fordern die eben genannten Umstände auf, die Reizungen mit langen Zwischenzeiten auszuführen. In den folgenden Versuchen mit constantem Strome sind daher die Reizungen mit Zwischenzeiten von wenigstens einer Minute, häufig mehr, ausgeführt worden: ferner hat die Schliessungszeit des Stromes ein oder zwei Secunden nicht überschritten. Nach diesen Vorbemerkungen mit Hinsicht auf die Ausführung der Versuche gehen wir zu den Untersuchungen über.

I. Reizung durch Stromschwankung.

Dass auch die quergestreiften Muskeln bei Schliessung und Oeffnung des Stromes gereizt werden, ist seit lange bekannt und man hat allmählich gelernt, die Ausgangspunkte für die Reizung, im ersten Falle von der Kathode, im letzteren von der Anode, auf einfache Weise darzulegen. Einige auf diese Fragen sich beziehende

Umstände haben unsere Untersuchungen kennen gelehrt. Bei allmählich zunehmender Stromstärke treten zuerst Schliessungszuckungen auf, unabhängig von der Richtung des Stromes; dieses Verhalten entspricht den Reactionen für Pflüger's „schwache Ströme" bei Einwirkung auf motorische Nerven und mag durch folgende Versuche beleuchtet werden.

Versuch I.

Die Leitungsdrähte zu den Elektroden waren, die eine um die Achillessehne die andere dicht oberhalb oder dicht unterhalb der Condylen des os femoris gebunden. In einem derartigen Versuch wurde der Strom anfangs in aufsteigender Richtung, d. h. von der Achillessehne durch den Muskel zu seinem oberen Ende geleitet. Mit resp. 1, 2, 3 und 4 Daniell, hinter einander gestellt, wurden Schliessungszuckungen erzielt, welche Ausschläge von 1,1, 7,8, 9,8, und 10,9^{mm} ergaben; dabei trat die dauernde Verkürzung in dem Muskel hervor, von der weiterhin näher die Rede sein wird; aber erst mit 4 Daniell trat eine geringe Oeffnungszuckung auf, und diese gab grössere Ausschläge bei Anwendung von resp. 5, 6 und 7 Daniell.

Zweiter, gleichartiger Versuch. Mit resp. 7, 6, 5, 4, 3, 2 und 1 Daniell in absteigender Richtung wurden Schliessungszuckungen erhalten mit den Ausschlägen 4,4, 3,4, 3,1, 2,9, 2,3^{mm} minimaler und gar keiner Zuckung; Oeffnungszuckungen traten nicht auf. Hierauf wurde der Strom gewendet und Reizungsversuche mit resp. 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7 Daniell gaben Schliessungszuckungen mit den Ausschlägen 0, 0, 2,1, 4,5, 5,6, 7,6 und 6,2^{mm} aber keine Zuckung bei Oeffnung des Stromes.

In einem gleichartigen Versuche gaben 1, 2, 3, 4 und 6 Daniell in absteigender Richtung bei Schliessung Ausschläge von 6,8, 8,9, 10,2, 10,2 und 8,3^{mm}, aber Oeffnungszuckung trat erst deutlich bei der letzten Reizung mit 6 Daniell hervor; mit 4 Daniell war sie bloss angedeutet. Hierauf wurde dasselbe Präparat in aufsteigender Richtung mit resp. 5, 4, 3, 2 und 1 Daniell gereizt; jetzt wurden successive Schliessungszuckungen mit den Ausschlägen 11,0, 9,2, 8,1, 5,6 und 0^{mm} erhalten; Oeffnung des Stromes war in keinem dieser Fälle von Zuckung begleitet.

Diese Versuche zeigen also das erwähnte Verhalten; zugleich zeigen sie, dass zur Hervorrufung von Oeffnungszuckungen relativ starke Ströme erforderlich sind; und es mag hinzugefügt werden, dass in den hierher gehörenden Versuchen überhaupt nur selten Oeffnungszuckungen zu Tage traten.

Die Muskelcurven auf der Tafel, von denen weiterhin näher die Rede sein wird, zeigen übrigens dasselbe Verhalten: in keiner von ihnen findet sich eine Oeffnungszuckung angedeutet.

Ferner ist bei allmählich zunehmender Stromstärke das Hervortreten der Schliessungszuckungen nicht bloss von der Stärke resp. Dichte des Stromes abhängig, sondern auch von seiner Richtung; in absteigender Richtung werden nämlich Schliessungszuckungen bei geringerer Stromstärke hervorgerufen als in aufsteigender Richtung, wie die folgenden Versuche darthun.

Versuch II.

1 Daniell gab in aufsteigender Richtung bei Schliessung ganz minimale Zuckung; in absteigender Richtung dagegen, eine Minute darauf, gab die Schliessungszuckung den Ausschlag 3,4 ^{mm}. Wiederholung des Versuches gab dasselbe Resultat.

Zweiter Versuch. 1 Daniell gab in keiner Richtung Zuckung; 2 Daniell schwache Zuckung mit Ausschlag 0,9 ^{mm} in absteigender, aber keine Zuckung in aufsteigender Richtung; 3 Daniell gaben in absteigender Richtung bei Schliessung einen Ausschlag von 3,9 ^{mm} und bei Wiederholung 3,8, in aufsteigender Richtung aber nur einen Ausschlag von 1,0 und 0,8 ^{mm}. 4 Daniell gaben auf dieselbe Weise in aufsteigender Richtung 1,8 und 1,7, in absteigender dagegen 5,4 und 5,2 ^{mm}.

Noch ein Versuch. 1 Daniell gab in absteigender Richtung schwache, minimale Zuckung, in aufsteigender Richtung dagegen keine; 2 Daniell gaben auf dieselbe Weise in absteigender Richtung einen Ausschlag von 5,5 und in aufsteigendez Richtung 2 ^{mm}; bei Wiederholung des letzten Versuches wurde in aufsteigender Richtung ein Ausschlag von 2,3 ^{mm} und in absteigender Richtung 5,4 ^{mm} erhalten.

Im Gegensatz zu den Angaben der früheren Zeit (1857) von Heidenhain[1]) muss also zugegeben werden, dass das Hervortreten der Schliessungszuckung bei allmählicher Zunahme der Stromstärke von der Richtung des Stromes abhängt; abwärts gerichteter Strom ruft in dem hier in Rede stehenden Muskel bei geringerer Stärke Schliessungszuckung hervor als aufsteigender.

Dieses Resultat muss als constant hervortretend angesehen werden; und doch können diese Frage betreffende Untersuchungen nach einigen wenigen Reizungsversuchen ganz entgegengesetzte Resultate geben. Dieses trifft erstlich ein, wenn mehrere Reizungen mit derselben Stromrichtung dicht nach einander ausgeführt werden und dann kurz darauf die Reizung mit einem Strome von entgegengesetzter Richtung vorgenommen wird. Es geschieht ferner, wenn der constante Strom lange geschlossen gehalten wurde und dann die eben geschilderten Versuche wiederholt werden. Der Gedanke liegt nahe, dass diese Verhältnisse im Zusammenhang mit der alternirenden Wirkung stehen, welche Volta als den constanten Strömen bei Einwirkung auf die motorischen Nerven zukommend zeigte. Nähere Untersuchungen haben auch gezeigt, dass „Volta's Alternative“ auch bei directer Reizung des Muskels zu Tage gefördert werden kann, und sogar mit grosser Leichtigkeit. Es braucht nämlich der Strom nur eine Minute geschlossen zu sein, damit die Schliessungszuckung bei Wiederholung der Reizung bei derselben Stromrichtung ganz und gar ausbleibt und dagegen bei Schliessung des Stromes in entgegengesetzter Richtung deutlicher hervortritt. Folgende Versuche mögen diese Verhältnisse näher beleuchten.

Versuch III.

5 Daniell gaben Schliessungszuckung mit dem Ausschlage 6,9, wenn der Strom absteigend und den Ausschlag 1,1, wenn er aufsteigend war; bei Wiederholung desselben Versuches wurden die resp. Ausschläge 7,0 und 1,3 erhalten. Hierauf wurde der Strom in absteigender Richtung während einer Minute geschlossen; dabei erfolgte der Ausschlag 6,8 und bei Oeffnung keine Zuckung; gleich

1) Herrmann's Handb. a. a. O. S. 92.

darauf wurde der Strom in derselben absteigenden Richtung geschlossen, ohne dass Schliessungszuckung hervortrat, aber bei unmittelbar darauf vorgenommener Schliessung in entgegengesetzter, aufsteigender Richtung erfolgte eine Zuckung mit dem Ausschlage 4,8. Der Versuch wurde sodann auf folgende Weise fortgesetzt: Schliessung in aufsteigender Richtung gab den Ausschlag 5,1; hierauf wurde der Strom während einer Minute geschlossen gehalten; bei Oeffnung keine Wirkung, ebensowenig bei darauffolgender Schliessung in derselben Richtung, wohl aber bei Schliessung in der entgegengesetzten, absteigenden Richtung, und diese Zuckung gab den Ausschlag 5,3.

Ein anderer Versuch. In einem Präparat, das vorher wiederholt gereizt war, gaben 5 Daniell Schliessungszuckung mit dem Ausschlage 4,4 bei absteigender Richtung, und den Ausschlag 12,5 bei aufsteigender Richtung; bei Wiederholung wurden ebenso die resp. Ausschläge 4,9 und 12,3 erzielt; darauf wurde der Strom in aufsteigender Richtung für eine Minute geschlossen; jetzt Schliessungszuckung 12,2, aber keine Oeffnungszuckung; bei hierauf vorgenommener Schliessung in derselben aufsteigenden Richtung gab die Schliessungszuckung einen Ausschlag von nur 1,7 ^{mm}, aber Schliessung in entgegengesetzter Richtung einen Ausschlag von 9,0 ^{mm}.

Volta's Alternative kann also, wie auch Rosenthal und Wundt[1]) 1858 gefunden, ebenso für den quergestreiften Muskel, bei directer Reizung desselben dargelegt werden; dieses Verhalten tritt auch in wiederholt gereizten Präparaten hervor. Die Schliessungszeit zur Erreichung dieses Zweckes hat in unseren Versuchen nicht über eine Minute ausgedehnt zu werden gebraucht; einige Zehntel-Secunden dagegen gaben gar keine oder geringe Wirkung.

In den nächst vorhergehenden Versuchen treten keine, Ritter's Tetanus entsprechende Zuckungen bei Oeffnung des Stromes zu Tage. Es scheint dazu eine längere Schliessungszeit nöthig zu sein. Wenn der Strom 5 Minuten lang geschlossen gehalten wurde, so traten in einzelnen Fällen kleine Oeffnungszuckungen hervor, obgleich das Präparat vorher mit dem angewandten Strome keine Oeffnungszuckung gab. Es mag hinzugefügt werden, dass nach

---

1) Hermann's Handb. a. a. O. S. 95.

einem derartigen Versuch die Präparate sich nicht nach 5 und ebensowenig nach 10 Minuten erholt hatten.

Schliesslich haben wir untersucht, ob die Schnelligkeit der Stromschwankungen in der einen oder anderen Richtung einen Einfluss auf die Reizung ausübte. Die Untersuchungen ergaben, wie aus den folgenden Versuchen näher hervorgeht, dass dieses der Fall ist. Zur Ausführung der Versuche wurde ein Rheochord mit Stromwender angewandt und der Rheochordbügel mit ungleicher Geschwindigkeit zwischen bestimmten Grenzen vorgeschoben.

Versuch IV.

Ein Strom von 2 Daniell hatte vorerst aufsteigende Richtung. Bei der Lage des Rheochordbügels auf 40^{cm} erfolgte eine geringe Schliessungszuckung, bei der Lage 100^{cm} grössere Schliessungszuckung mit dem Ausschlage $6{,}5^{mm}$. Der Rheochordbügel wurde nun in die Lage 40^{cm} zurückgebracht und dann schnell in die Lage 100^{cm} vorgeschoben, hierauf eine Zuckung mit dem Ausschlage $2{,}7^{mm}$. Jetzt wurde der Bügel schnell in die Lage 40^{cm} zurückgeschoben, ohne dass eine Zuckung auftrat. Darauf vorgenommene Wiederholung desselben Versuches mit langsamer Vorschiebung des Bügels von 40 auf 100^{cm} und umgekehrt von 100 auf 40^{cm} gab keine Zuckung. Schliesslich wurde der Versuch mit schnellem Vorschieben von 40 auf 100^{cm} und umgekehrt wiederholt und auch jetzt trat Zuckung im ersteren Falle auf. Der Strom wurde dann gewendet und um 1 Daniell verstärkt. Nach gehöriger Ruhe wurde bei der Lage des Rheochordbügels auf 40^{cm} Schliessungszuckung mit dem Ausschlage 7,4 und bei der Lage 100^{cm} der Ausschlag 8,6 erhalten. Als hierauf der Bügel schnell von der Lage 40 auf 100 geschoben wurde, erfolgte eine Zuckung mit dem Ausschlage 6,8, dagegen beim Zurückschieben keine Zuckung. Bei ebensolcher Vorschiebung wieder mit langsamem Verlauf keine Zuckung, in welcher Richtung auch die Verschiebung erfolgte. Weiter zeigte sich, dass in diesem Fall ein schnelles Vorschieben des Bügels von auch nur wenigen Centimetern genügend war zum Hervorrufen einer Zuckung, wenn nur das Vorschieben in solcher Richtung geschah, dass die Stromstärke zunahm. Verminderung

der Stromstärke durch Vorschieben des Rheochordbügels dagegen hat in keinem Präparat Zuckungen hervortreten lassen.

Die Versuche geben also zu erkennen, dass auch bei directer Reizung des quergestreiften Muskels, sowie bei directer Reizung desselben, das Eintreten der Zuckung von der Geschwindigkeit, womit die Stärke, resp. die Dichtigkeit des Stromes verändert wird, abhängig ist. In gewisser Beziehung findet jedoch ein Unterschied statt; führt man ganz denselben Versuch an einem motorischen Nerven aus, der mit seinem Muskel in Verbindung steht, so muss der Bügel äusserst langsam vorgeschoben werden, um Zuckung zu vermeiden; hier dagegen bei directer Reizung des Muskels muss der Bügel mit grosser Schnelligkeit vorgeschoben werden, um eine Zuckung zu erzielen. Es erscheint selbstverständlich, dass dieses ungleiche Verhalten auf der sehr verschiedenen specifischen Reizbarkeit des Nerven und Muskels beruht. — Was schliesslich den in Versuch IV zuletzt erwähnten Umstand betrifft, dass Verminderung der Stromstärke durch Vorschieben des Rheochordbügels keine Zuckung hervorruft, so liegt hierin nichts Befremdendes; würde in diesem Falle Zuckung hervortreten, so wäre sie als Oeffnungszuckung zu betrachten; von dieser aber wissen wir aus den vorhergehenden Untersuchungen, dass zu ihrer Erzeugung relativ starke Ströme erforderlich sind; um so weniger Grund also hat man, eine Zuckung zu erwarten durch ein Verminderung der Stromstärke bewirkendes, Vorschieben des Bügels um einige Zehntel Centimeter.

Betrachtet man nur die Verhältnisse, von denen in diesem Abschnitte die Rede gewesen ist, so muss man sagen, dass quergestreifte Muskeln auf Stromesschwankungen in derselben Weise, nach den bekannten von du Bois-Reymond aufgestellten Gesetzen reagiren wie die motorischen Nerven.

II. Die dauernde Verkürzung des Muskels während der Stromschliessung.

Es ist zuerst von Wundt beobachtet worden, dass der constante Strom bei Einwirkung auf quergestreifte Muskel, dieselben nicht nur reizt, sondern während der Zeit seiner Schliessung eine Verkürzung in denselben zu Stande bringt; diese Erscheinung wurde von ihm in den Jahren 1858—1859 unter der Bezeichnung „dauernde

Verkürzung, dauernde Zusammenziehung" [1]) beschrieben. Meine Beobachtungen stimmen in der Hauptsache mit denen Wundt's überein. „Der Muskel hat" — wie Wundt sagt — „... im Momente nach vollbrachter Zuckung noch nicht seine vorige Länge erreicht, sondern es bleibt eine Verkürzung zurück, die ... allmählich sich ausgleicht" [2]) und „diese dauernde Zusammenziehung bei directer Durchströmung des Muskels ist bei allen Stromstärken, die überhaupt Zuckung veranlassen, vorhanden, und sie wächst mit der Stromstärke" [3]). Diese Verhältnisse werden durch die Muskelkurven in den Figuren 1ᵃ und 1ᵇ angedeutet, welche sich auf die folgenden Versuche beziehen, und auch durch die Figuren 2ᵇ, 3ᵃ und 6 beleuchtet, von denen weiterhin bei Beschreibung der Versuche, auf welche sie sich beziehen, eine nähere Auskunft geliefert werden wird. Hier möge nur erwähnt werden, dass alle Figuren auf der Tafel von links nach rechts zu lesen sind. Die erste Hebung und Senkung links, in den genannten Figuren repräsentirt die Muskelzuckung, die Beugung wieder, welche mehrere dieser Curven rechts zeigen, repräsentirt den Moment der Stromöffnung; die Curve im Verlauf zwischen diesen beiden Stellen schliesslich zeigt die in Rede stehende dauernde Verkürzung. Betreffs der Zeitdauer, welche durch die Abscissenachse der Curven repräsentirt wird, mag hinzugefügt werden, dass ein Centimeter dieser Achse einer Secunde oder etwas mehr entspricht.

Versuch I.

Die Reizungen geschahen successive mit 1, 2, 3, 4 und 5 Daniell in jeder Richtung und sodann in umgekehrter Ordnung; 1 Daniell und 2 Daniell gaben dabei zunächst keine Zuckung; 3 Daniell in absteigender Richtung gaben Zuckung mit geringer dauernder Verkürzung, in aufsteigender Richtung gerade merkbare Zuckung und ganz unbedeutende dauernde Verkürzung; die Curven 3 Daniell in Fig. 1 illustriren diese Verhältnisse, und zwar Fig. 1ᵃ für absteigenden und Fig. 1ᵇ für aufsteigenden Strom. 4 Daniell in ab- und auf-

1) W. Wundt. Oben citirte Abhandlung.
2) Derselbe, Muskelbewegung S. 122.
3) Derselbe, oben citirte Arbeit in Müller's Archiv S. 550.

steigender Richtung liessen dasselbe Verhalten deutlicher hervortreten, wie die Curven 4 Daniell in derselben Fig. 1ª und 1ᵇ andeuten, die erstere bei absteigender die letztere bei aufsteigender Richtung; in diesen Curven ist zugleich rechts der Moment der Stromöffnung angedeutet. Mit 5 Daniell schliesslich trat die dauernde Verkürzung noch deutlicher hervor und zugleich ihre langsamere Ausgleichung während der Zeit der Stromschliessung; die Curven 5 Daniell in Fig. 1 repräsentiren diesen Fall und zwar wieder Fig. 1ª in absteigender, Fig. 1ᵇ bei aufsteigender Richtung. Wiederholung aller Reizungsversuche in umgekehrter Ordnung, d. h. zuerst mit 5 Daniell und zuletzt mit 1 Daniell, gab Muskelcurven, welche sozusagen den ersten congruent waren, mit dem Unterschiede jedoch, dass jetzt 2 Daniell in absteigender Richtung eine kleine Schliessungszuckung gaben; die hierher gehörende Muskelcurve ist in Fig. 1ª mit der Unterschrift 2 Daniell enthalten; auch hier ist eine Spur der dauernden Verkürzung zu sehen. Die Curve 2 Daniell bezieht sich also auf den zweiten Theil des Versuches, dasselbe gilt auch für die übrigen Curven 3, 4 und 5 Daniell in beiden Figuren 1ª und 1ᵇ. Dass die dauernde Verkürzung nach Oeffnung des Stromes schneller abnimmt, wird in gewissem Grade durch die Curven 5 Daniell in Fig. 1ª und 1ᵇ angedeutet; deutlicher tritt dieses Verhalten in den Curven zu Tage, welche in den Figuren 2ᵇ, 3ª und 6 abgebildet sind.

Alles dieses stimmt, wie schon erwähnt, mit den Resultaten Wundt's überein; ein Umstand jedoch, auf den Wundt die Aufmerksamkeit richtet, ist bei diesen Untersuchungen nicht hervorgetreten. Wundt sagt [1]): die in Rede stehende dauernde Verkürzung „ist erheblich bedeutender bei aufsteigender, als bei absteigender Richtung". Wie gesagt haben sich bei unseren Versuchen andere Verhältnisse herausgestellt: bei Reizung mit schwachen Strömen trat die dauernde Verkürzung bei absteigender Richtung deutlicher hervor, als bei aufsteigender; die Curven 3 Daniell in Fig. 1ª und 1ᵇ können dieses Verhalten beleuchten; beide Curven beziehen sich, wie im letzten Versuche erwähnt, auf Reizung desselben Muskels

1) a. a. O. Müller's Archiv S. 550.

mit 3 Daniell, aber in Fig. 1[a] in absteigender und in Fig. 1[b] in aufsteigender Richtung, in der ersteren Figur ist jedoch die dauernde Verkürzung deutlicher.

Diese Reaction steht auch in Uebereinstimmung mit der grösseren reizenden Wirkung, welche schwache Ströme in absteigender Richtung ausüben, und wovon im vorhergehenden Abschnitte die Rede war. Bei Reizung mit starken Strömen wieder hat sich in dieser Hinsicht kein bestimmter Unterschied gezeigt, wie auch aus den Curven 4 Daniell und 5 Daniell in Fig. 1[a] und 1[b] hervorgeht. Es ist anzunehmen, dass diese ungleichen Versuchsresultate auf der Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden beruhen; Wundt hat seine Versuche an Muskeln von gesunden Thieren ausgeführt; der Einfluss der intramuskulären Nerven war also hier nicht eliminirt, vom Nerveneinfluss will auch Herrmann diese Resultate Wundt's ableiten; er äussert nämlich darüber[1]): „dieses kann wohl nur auf Betheiligung der Nerven beruhen“. Da in unseren Versuchen Muskeln von vollständig curarisirten Thieren zur Anwendung kamen, so scheint diese Deutung richtig zu sein, und folgender Versuch stellt wohl die Frage ausser jeden Zweifel.

Versuch II.

Die eine Femoral-Arterie eines Frosches wurde unterbunden, bevor die Vergiftung mit Curare vorgenommen wurde; als hierauf der musc. gastrocnem. der unterbundenen Extremität geprüft wurde, so gab er, wie Wundt erwähnt, in aufsteigender Richtung grössere dauernde Verkürzung als in absteigender, sowohl bei Anwendung von schwachen wie stärkeren Strömen. Fig. 2[a] veranschaulicht dieses Verhalten bei Reizung mit 4 Daniell; die Curve links, wo die dauernde Verkürzung stark ausgeprägt ist, bezieht sich auf die aufsteigende, die Curve rechts auf die absteigende Richtung. Der Vollständigkeit wegen haben wir auf der Tafel die Fig. 2[a] hinzugefügt, welche denselben Reizungsversuch am curarisirten musc. gastrocnem. der anderen Seite desselben Thieres darstellt; die Curve links in der Figur bezieht sich auch hier auf die aufsteigende und

1) Herrmann's Handb. a. a. O. S. 90.

die Curve rechts auf die absteigende Richtung: In diesem Fall hat derselbe aufsteigende Strom, 4 Daniell, eine bedeutend geringere dauernde Verkürzung hervorgerufen als im gesunden Muskel.

Ich habe ferner untersucht, welchen Einfluss Verminderung der Schliessungszeit auf die Muskelcurve und die dauernde Verkürzung ausübt; zu dem Zweck musste derselbe Muskel zwei Curven zeichnen. In beiden Fällen geschah die Reizung mit demselben Reizmittel, aber in einem Falle wurde der Strom einige Secunden geschlossen gehalten, im zweiten Falle wieder wurde der Strom möglichst schnell nach der Schliessung geöffnet. Folgende Versuche mit den Fig. 3^a und 3^b zeigen, dass die Curven dabei ein wesentlich verschiedenes Aussehen annehmen.

Versuch III.

Die Reizungen geschahen mit 5 Daniell in absteigender Richtung; die Zwischenzeit zwischen den Reizungen betrug wenigstens zwei Minuten, um Störungen durch die vorhergehenden Reizungen zu vermeiden; der Strom wurde hier, wie bei diesen Untersuchungen überhaupt, mit Hilfe von Quecksilbergefässen mit der Hand geschlossen resp. geöffnet. Im einen Falle wurde der Strom ein bis zwei Secunden geschlossen gehalten, im anderen Falle dagegen möglichst schnell nach der Schliessung geöffnet. Die Curve 3^a bezieht sich auf den ersten, Curve 3^b auf den zweiten Versuch. Die Verhältnisse blieben auch bei mehreren Wiederholungen der Versuche dieselben.

Um den Einfluss, welchen Ströme von kurzer Dauer auf die Muskelcurve ausüben, zu untersuchen, haben wir auch Schliessungs- und Oeffnungs-Inductionsschläge als Reizmittel angewandt; in diesem Falle nimmt die Muskelcurve dieselbe Form an, wie in Fig. 3^b. Es kann hinzugefügt werden, dass in den hierhergehörenden Versuchen, wie Brücke gefunden hat, starke Inductionsschläge zur Hervorrufung von Zuckungen nöthig waren, und dass ferner die Ausschläge doch geringe Grösse hatten.

Welche Aufklärung liefern nun diese Curven in den Fig. 3^a und 3^b bezüglich der dauernden Verkürzung? Darüber können vielleicht verschiedene Ansichten bestehen, besonders da die Rotationsgeschwindigkeit des benützten Cylinders nicht eine genauere Unter-

suchung des ersten Anfanges der Muskelkurven gestattete. In der Curve 3[b] tritt die in Rede stehende Verkürzung nicht hervor, im Gegentheil ist in diesem Fall der Muskel nach der Verkürzung in Folge der Zuckung unmittelbar zur ursprünglichen Länge zurückgekehrt, wie durch den spitzigen Verlauf der Curve in ihrem oberen Theil und die plötzliche Verlängerung des absteigenden Schenkels bis zur Ruhelage angedeutet wird; diese Curve scheint uns als einfache Muskelcurve betrachtet werden zu können. Die Curve in Fig. 3[a] dagegen ist die Superposition zweier Curven, und zwar der Curve, welche durch die Zuckung zu Stande gekommen, und der andern in Folge der dauernden Verkürzung. Eine Vergleichung der beiden Curven mit einander lässt also erkennen, dass die dauernde Verkürzung durch hinreichende Verminderung der Schliessungszeit bis zu dem Grade vermieden werden kann, dass sie nach dem Moment, wo der Hebelarm sich zu senken beginnt, nicht mehr hervortritt.

In Beziehung auf die Zeitdauer der dauernden Verkürzung mag hier bemerkt werden, dass die Längenveränderung des Muskels nach eingetretener dauernden Verkürzung ein recht complicirtes Phänomen ist. Vorerst wird nämlich die Länge verändert durch das allmähliche Verschwinden der dauernden Verkürzung; ferner unterliegt der Muskel einer Verlängerung durch die Dehnung; und hierzu kommt noch eine Längenveränderung, welche sich wesentlich von den beiden ersten unterscheidet und sich auch bei Reizung des Muskels von seinem motorischen Nerven aus zeigt. Diese letztgenannte Veränderung ist schon lange beobachtet und hat sogar einen besonderen Namen erhalten, Verkürzungs-Rückstand (Herrmann), da sie sich häufig als Muskelverkürzung nach einer vorhergegangenen Zuckung zeigt. Diese Längenveränderung kann sich indessen nicht nur als Verkürzung, sondern auch als Verlängerung zeigen. In beiden Fällen kann sie dadurch charakterisirt werden, dass sie von geringer Grösse ist, durch Reizung hervorgerufen wird und bis zur neuen Reizung fortbesteht. Es ist übrigens meine Absicht, bei anderer Gelegenheit auf diese Frage von der Längenveränderung des Muskels durch Reizung zurückzukommen; hier mag nur erwähnt werden, dass gerade diese Frage es war, welche ursprünglich Veranlassung zu den Untersuchungen dieser Abhandlung gab.

Was schliesslich die Ursache der dauernden Verkürzung betrifft, so können wir vorerst mit Wundt's Aeusserung übereinstimmen, dass „die dauernde Verkürzung . . . während der Einwirkung des constanten Stromes mit einem Tetanus nicht zu verwechseln ist" [1]). Da ferner eine derartige Verkürzung des Muskels bei der Einwirkung des constanten Stromes auf den Nerven nicht nachgewiesen werden kann, so wird dadurch angedeutet, dass die Ursache hierzu in die Theile zu verlegen ist, welche den wesentlichen Unterschied zwischen Nerven und Muskel bedingen, d. h. zu den contractilen Theilen der Muskeln, den sog. Muskelstäbchen oder Fleischprismen, von denen die mikroskopische Untersuchung gelehrt hat, dass sie durch gewisse, schnell vor sich gehende Volum- und Formveränderungen die Muskelcontractionen bedingen. Wir geben also den contractilen Theilen oder den Muskelstäbchen die Eigenschaft, bei directer Einwirkung des constanten Stromes nicht nur zur Contraction gereizt zu werden, sondern zugleich in einem tonisch verkürzten Zustande überzugehen, der sich jedoch allmählich ausgleicht.

III. Reizung des Muskels während der Strom geschlossen ist.

In allen den Fällen, von denen oben die Rede gewesen ist, zeigte die Muskelkurve nach der Verkürzung in Folge von vorhergegangener Zuckung eine continuirliche Höhenabnahme; nicht selten jedoch hat die Muskelcurve bei diesen Untersuchungen in ihrem absteigenden Schenkel kleine Hebungen und Senkungen gezeigt; in den Figuren 4^a, 4^b und 5 sind einige solche Curven abgebildet und die folgenden Versuche geben hierüber nähere Auskunft.

Versuch I.

Die Reizungen geschahen mit 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Daniell in beiden Richtungen; in absteigender Richtung trat Schliessungszuckung bei 1 Daniell hervor, während in aufsteigender Richtung wieder stärkere Ströme, wenigstens 2 Daniell zur Hervorrufung derselben Zuckung erforderlich waren. In allen Versuchen, in denen

1) W. Wundt, oben citirte Arbeit in Müller's Archiv S. 549.

eine Zuckung hervortrat, zeigte der absteigende Schenkel der Muskelcurve, wie aus den Figuren 4[a], 4[b] und 5 ersichtlich, kleine wellenförmige Beugungen von recht unregelmässigen Formen; sie beruhten auf kleinen Muskelzuckungen, welche auch am Muskel zu sehen waren. In den Figuren 4[a] und 4[b] ist der Anfang und das Ende einer solchen Curve abgezeichnet; in diesem Versuch dauerten die fraglichen Zuckungen bis 30 Secunden. Die kleine Beugung ganz nach rechts in Fig. 4[b] zeigt wieder den Moment, wo der Strom geöffnet wurde. Diese kleinen Zuckungen hörten unmittelbar nach Oeffnung des Stromes auf; dieses wird durch Fig. 5 veranschaulicht. Die Beugung rechts, wo die Curve sich plötzlich der Abscissenachse nähert, zeigt nämlich den Moment der Stromöffnung an.

Diese kleinen Zuckungen beruhten also auf der Einwirkung des constanten Stromes auf den Muskel. Es mag ferner hinzugefügt werden, dass sie im letzten Frühling, Ende April, wo die Versuche, welche dieser Abhandlung zu Grunde liegen, an kurz vorher gefangenen Fröschen ausgeführt wurden, sehr häufig hervortraten; im Juni dagegen, wo noch einige wenige completirende Versuche gemacht wurden, kamen derartige Zuckungen nur ausnahmsweise zur Beobachtung. Einer dieser Fälle mag im folgenden Versuche mitgetheilt werden, da das Phänomen nur bei absteigender Richtung des Stromes zu Tage trat; er bezieht sich im Uebrigen auf Versuch II im vorhergehenden Abschnitte zur Untersuchung der Differenz, welche curarisirte und nicht curarisirte Muskel zeigen.

Versuch II.

Wie in dem eben erwähnten Versuche war die Femoralarterie vor Ausführung der Curarisirung unterbunden. Die Reizungen wurden mit 1 bis 6 Daniell ausgeführt; kleine Zuckungen traten während der Schliessungszeit des Stromes sowohl im gesunden wie im curarisirten Muskel hervor, aber nur bei absteigender Richtung des Stromes, nicht aber bei der entgegengesetzten Richtung.

Es scheint also, als beruhten diese Zuckungen auf besonderer Disposition der Versuchsthiere; vielleicht sind sie den Veränderungen zuzuschreiben, welchen die Muskeln des Frosches mit den Jahreszeiten unterliegen.

Diese kleinen Zuckungen zeigen, dass der Muskel, unter gewissen Umständen wenigstens, durch den constanten Strom, nicht nur bei Oeffnung und Schliessung, oder im Allgemeinen durch Stromschwankung, gereizt werden kann, wovon im 1. Abschnitte die Rede war, sondern auch während der Strom mit unveränderter Stärke geschlossen gehalten wird; ähnliche Erscheinungen können übrigens bekanntlich auch von den motorischen Nerven hervorgerufen werden.

IV. Ausdauer bei wiederholter Reizung.

Die Ausdauer des Muskels bei wiederholter Reizung kann in wesentlichem Grade durch die Grösse des Ausschlages beurtheilt werden; es ist jedoch von Bedeutung, auch mögliche Veränderungen im Zeitverlauf und dem tonischen Zustande oder der dauernden Verkürzung zu untersuchen; wir haben daher hier Myogramme sowohl auf stillstehender Scheibe wie auf rotirendem Cylinder aufgenommen.

Versuch I.

Die Reizungen geschahen mit 4 Daniell in aufsteigender Richtung, mit 2 bis 3 Secunden Zwischenzeit. Die Ausschläge in Folge von Schliessungs- und Oeffnungszuckung, welche in diesem Falle beide hervortraten, wurden an verschiedenen Stellen einer stillstehenden Scheibe gezeichnet. Die Ausschläge in Folge von Schliessungszuckungen nahmen allmählich ab; wir geben hier ihre Grösse nur für jede zehnte Reizung; sie betrugen:

8,0, 4,3, 3,9 und 1,9^{mm}
bei der resp. 1., 10., 20. und 30. Reizung.

Die Grössenabnahme war continuirlich.

Die Ausschläge wieder in Folge von Oeffnungszuckungen zeigten die Werthe:

0,6, 1,3, 1,8 und 1,8^{mm}
bei der resp. 1., 10., 20. und 30. Reizung;

dabei wurde die Grösse des Ausschlages von der Lage aus gemessen, welche die Nadelspitze auf der berussten Fläche des Schreibapparates im Moment der Stromöffnung einnahm. Auch die Oeffnungszuckungen veränderten sich also, sie vergrösserten sich. Den tonischen Zustand

des Muskels oder die dauernde Verkürzung betreffend, so lieferten diese Versuche gleichfalls einige Aufklärung; die berusste Fläche wurde nämlich vor und gleich nach Schliessung des Stromes vorgeschoben; der Abstand zwischen den Punkten, wo der Ausschlag in Folge von Schliessungszuckung die horizontalen Linien traf, die von den beiden genannten Vorschiebungen herrührten, kann daher als Maass des tonischen Zustandes, kurz nachdem die Schliessungszuckung vor sich gegangen, angesehen werden. Dieser Abstand, resp. der dadurch gemessene tonische Zustand, erschien in den verschiedenen Versuchen nicht wesentlich verändert.

In einem anderen gleichartigen Versuche wurden nur Schliessungszuckungen erhalten, welche folgende Ausschläge gaben:

2,5, 1,3 und 0,7 ^{mm}
bei der resp. 1., 10. und 19. Reizung.

In einem dritten gleichartigen Versuche betrugen die Ausschläge in Folge von Schliessungszuckungen:

5,1, 3,4, 2,0 und 1,0 ^{mm}
bei der resp. 1., 10., 20. und 30. Reizung.

In keinem der beiden letzten Versuche traten Oeffnungszuckungen hervor; der tonische Zustand, nach oben erwähnter Weise gemessen, zeigte in keinem Versuche sonderliche Veränderungen.

Diese Versuche zeigen schon, dass die Zwischenzeit zwischen den Reizungen verlängert werden müssen, wenn das Präparat bei einer Versuchsserie in Anwendung kommen soll, welche Wiederholung der Reizungen fordert.

Versuch II.

Die Reizungen wurden wieder mit 4 Daniell in absteigender Richtung ausgeführt, aber mit Zwischenzeiten von 5 Secunden; das Präparat war dasselbe, wie in dem letzten Versuche beschrieben, hatte jedoch nach diesem 10 Minuten lang geruht. Die Ausschläge in Folge von Schliessungszuckungen betrugen:

5,0, 4,1 und 3,0 ^{mm}
bei der resp. 1., 10. und 16. Reizung.

Der erste Ausschlag, verglichen mit dem ersten Ausschlage im vorigen Versuche, 5,1 ^{mm}, zeigt, dass der Muskel während der Ruhezeit sich

restituirt hatte; sodann war die Ausdauer jetzt grösser als im vorigen Falle. Bezüglich des tonischen Zustandes konnte keine Veränderung beobachtet werden.

Versuch III.

Die Reizungen geschahen mit 2 Daniell in aufsteigender Richtung und mit zehn Secunden Zwischenpause. Es traten nur Schliessungszuckungen hervor und gaben Ausschläge von:

3,8, 3,0, 2,8, 2,8, 2,8, 2,8 und 2,8^{mm}

bei der resp. 1., 20., 30., 40., 50., 60. und 70. Reizung, also im Beginn des Versuches eine nicht geringe Veränderung.

Versuch IV.

Die Reizungen geschahen auch in diesem Falle mit Zwischenzeiten von zehn Secunden; nach jeder sechsten Reizung aber wurde das Präparat eine Minute in Ruhe gelassen. In den fünf ersten auf diese Weise ausgeführten Versuchsserien behielten die Ausschläge in Folge von Schliessungszuckung wesentlich denselben Werth, nämlich 3,4^{mm}; in der fünften Versuchsserie dagegen trat eine continuirliche Verminderung bis auf 3,1^{mm} ein; und in darauf folgenden derartigen Versuchsserien nahm diese Verminderung noch zu.

Eine Ruhezeit für das Präparat von auch nur einer Minute muss also als von Bedeutung für die Ausdauer desselben angesehen werden. Aus diesem Grunde haben wir bei den Versuchen Bedacht genommen, dass die Reizungen mit constantem Strome nicht häufiger als mit Zwischenzeiten von einer Minute und oft noch mehr ausgeführt wurden.

Die vorhergehenden Versuche haben schon angedeutet, dass der tonische Zustand kurz nach geschehener Zuckung, ungefähr dieselben Werthe beibehält, auch in solchen Fällen, wo die Ausschläge abnehmen. Vermittelst des rotirenden Cylinders kann man dieses Verhältniss deutlicher beobachten. Wir führen in dieser Beziehung nur einen Versuch an, der sich auf ein schon mehrere Male gereiztes Präparat bezieht.

Versuch V.

Die Reizungen geschahen mit 5 Daniell in aufsteigender Richtung und die Zwischenzeit zwischen den Reizungen betrug fünf Secunden.

In Fig. 6 ist die 1., 3., 5. und 7. Curve abgezeichnet; die Ziffern in Parenthese unter den Curven deuten ihre Reihenfolge an. Die Ausschläge haben sich hier vermindert, aber die Curven verlaufen, nachdem die Zuckung vor sich gegangen ist, in den verschiedenen Versuchen wesentlich auf dieselbe Weise. Eine kleine Beugung rechts in jeder Curve bezeichnet wieder den Moment der Stromöffnung; hier tritt deutlicher als in den übrigen Figuren die grössere Geschwindigkeit hervor, mit der der tonische Zustand sogleich nach Oeffnung des Stromes verschwindet.

Die Versuche mit wiederholter Reizung liessen also keine wesentliche Veränderung des tonischen Zustandes hervortreten, selbst nicht in den Fällen, wo die Ausschläge in Folge von Zuckungen sich wesentlich verminderten.

In den vorhergehenden Versuchen war der Strom längere Zeit geschlossen, so dass der tonische Zustand zur vollen Entwicklung kam; wir untersuchen jetzt, wie sich die Verhältnisse bei wiederholter Reizung mit constantem Strome bei möglichster Verkürzung der Schliessungszeit gestalten. In Versuch III des zweiten Abschnittes zeigte sich schon, dass der tonische Zustand bei genügend kurzer Schliessungszeit zum wesentlichen Theil wenigstens vermieden werden kann; wir untersuchen hier daher nur, wie sich dabei die Ausdauer verändert, und verfahren zu dem Zweck auf dieselbe Weise wie im eben erwähnten Versuche.

Versuch VI.

Die Reizungen geschahen mit 4 Daniell in absteigender Richtung und Zwischenzeiten von fünf Secunden; die Schliessungszeit war so kurz, als die angewandte Methode nur zuliess.

In hundert auf diese Weise ausgeführten Reizungen hatte jeder zehnte Ausschlag in Folge von Schliessungszuckung successive den in folgender horizontaler Reihe angegebenen Werth; die Ziffern unter dieser Reihe deuten wieder die Reihenfolge der Ausschläge an:

6,4, 6,1, 6,1, 6,0, 5,9, 5,6, 5,3, 4,8, 4,3, 4,1 und 3,8^{mm}

1., 10., 20., 30., 40., 50., 60., 70., 80., 90. und 100. Reizung.

Die Ausschläge verminderten sich continuirlich, aber im Vergleich mit dem, was oben in Versuch II der Fall war, doch nur recht wenig.

Noch deutlicher tritt dieses Verhalten bei Anwendung von Inductionsschlägen als Reizmittel hervor, wie folgender Versuch zeigt.

Versuch VII.

Als Reizmittel wurde der Oeffnungs-Inductionsschlag angewandt; die Reizungen geschahen wieder jede fünfte Secunde und wurden während neun Minuten, d. h. etwas über 100 Mal, fortgesetzt. In diesen Reizungsversuchen verminderte sich der ursprüngliche Ausschlag von 4^{mm} kaum merkbar.

Wir führen noch folgenden Versuch an, der sich sowohl auf längere wie möglichst kurze Schliessungszeit für den angewandten constanten Strom bezieht.

Versuch VIII.

Mit 2 Daniell in absteigender Richtung wurden beide musc. gastrocnem. gereizt und zwar der eine mit einer Schliessungszeit von $^1/_2$ bis 1 Secunde und darauf der andere mit möglichst kurzer Schliessungszeit; in beiden Fällen geschahen die Reizungen jede fünfte Secunde. Im ersten Falle, bei einer Schliessungszeit von $^1/_2$ bis 1 Secunde, betrug der Ausschlag bei der 1. Reizung 6,1, bei der 3. 4,9, bei der 5. 4,0, der 7. 3,5, der 9. 3,4 und der 11. Reizung $3{,}1^{mm}$. In diesem Falle erfolgte also schon während der ersten 11 Reizungen wesentliche Grössenabnahme der Ausschläge. — Der musc. gastrocnem. der anderen Extremität wieder wurde, wie erwähnt, auf dieselbe Weise aber mit möglichst kurzer Schliessungszeit gereizt; die Reizungen geschahen 131 Mal ohne sonderliche Veränderung in der Grösse der Ausschläge; der 1. Ausschlag war nämlich $5{,}1^{mm}$, der 131. 4,8 und die nächst liegenden Ausschläge unterschieden sich nicht von einander. Es kann hinzugefügt werden, dass die erste Reizung von einer Längenveränderung des Muskels, nämlich einer Verlängerung von $0{,}4^{mm}$ begleitet war; auch die darauf folgenden drei Reizungen waren von Längenveränderungen derselben Richtung, aber bedeutend geringeren, begleitet.

Die Ausdauer des Muskels bei wiederholter Reizung mit constantem Strom beruht also wesentlich auf der Schliessungszeit des Stromes. Man wäre geneigt, dieses Verhalten mit der Entwickelung

des tonischen Zustandes im Muskel zusammenzustellen, welcher nach unseren Erfahrungen oben im Abschnitte II gleichfalls von der Schliessungszeit abhängt. Eine derartige Zusammenstellung kann jedoch übereilt sein, da durch elektrische Ströme auch andere Veränderungen im Muskel hervorgerufen werden, wie Veränderungen der Reizbarkeit, das von Kühne beobachtete „Fluthen des Muskel-Inhalts" u. s. w.

Die Veränderungen der Ausdauer endlich, wenn die Reizungen mit auf einander folgenden Inductionsschlägen ausgeführt werden, werden durch folgende Versuche beleuchtet.

Versuch IX.

Die Reizungen geschahen jede fünfte Secunde, während einer Zeit von ungefähr $^1/_2$ Secunde; es wurden vollständige Muskelcurven auf dem rotirenden Cylinder aufgenommen. Bei den ersten acht Reizungen verminderten sich die Ausschläge von 9,5 auf $4{,}5^{mm}$. Nach einer Ruhezeit von zwei Minuten wurde der Versuch auf dieselbe Weise fortgesetzt, und dabei bei der ersten Reizung ein Ausschlag von 5^{mm} erzielt; bei den folgenden verminderten sich die Ausschläge bis auf $2{,}5^{mm}$ bei der 12. Reizung; zugleich war die Steigung der Curve langsamer, und als die Reizungen aufhörten, nahm der Muskel nicht unmittelbar seine vorige Länge wieder an. Nachdem das Präparat wieder zehn Minuten geruht hatte, wurden die Reizungen mit demselben Reizmittel, aber mit Zwischenzeiten von zehn Secunden, wiederholt. Der erste Ausschlag hatte jetzt eine Grösse von $7{,}5^{mm}$ und deutete also an, dass der Muskel sich in der Ruhezeit wesentlich restituirt hatte; bei den folgenden Reizungen verminderten sich die Ausschläge mehr und mehr und erreichten bei der siebenten Reizung nur 2^{mm}; zugleich war die Steigung vermindert und der Muskel nahm nicht unmittelbar seine vorige Länge wieder an.

Ein anderer gleichartiger Versuch mit Zwischenzeiten von fünf Secunden zwischen den Reizungen aber mit schwächeren Reizmitteln. Während der ersten Minute verminderte sich der Ausschlag von 3,9 auf $2{,}9^{mm}$ und während der folgenden Minute auf 1,3; während der letzteren Minute war zugleich die Steigung vermindert, und als

die Reizungen aufhörten, nahm der Muskel nicht unmittelbar seine ursprüngliche Länge wieder an.

Die Ausdauer des Muskels auf wiederholte Reizung mittels Inductionsströmen ist also recht gering; die Ursache hierzu scheint uns in demselben Ermüdungszustande, der bei Reizung der motorischen Nerven der Muskeln überhaupt zu Tage tritt, zu suchen zu sein.

Ferner zeigen diese die Ausdauer betreffenden Untersuchungen, dass die Erregbarkeitsveränderungen quergestreifter Muskeln mit Hilfe von Inductionsschlägen als Reizmittel geprüft werden können, und auch mit Hilfe von constanten Strömen, wenn nämlich die Schliessungszeit möglichst verkürzt wird; dagegen eignen sich für diesen Zweck sehr wenig auf einander folgende Inductionsströme.

Die Erklärung der Figuren auf Tafel IV

findet sich auf folgenden Stellen: für die Figuren 1ᵃ und 1ᵇ Abschnitt II, Versuch I; für die Figuren 2ᵃ und 2ᵇ ebendaselbst, Versuch II; für die Figuren 3ᵃ und 3ᵇ ebendaselbst, Versuch III; die Figuren 4ᵃ, 4ᵇ und 5 beziehen sich auf Abschnitt III, Versuch I. Die Figuren 6 beziehen sich auf Versuch V im IV. Abschnitt.

Die Methode der Aequivalente, angewandt zur Maassbestimmung der Feinheit des Raumsinnes.

Von

Dr. W. Camerer.

I. Vorbemerkungen.

Einer Aufforderung Fechner's entsprechend habe ich seit Herbst 1884 Versuche angestellt in der Absicht, die bei der genannten Methode in Betracht kommenden Fragen soweit möglich zu lösen und dadurch für eine künftige Verwendung derselben die nothwendige Grundlage zu geben. Obwohl ich mein Ziel nicht vollkommen erreicht habe, hielt ich eine Veröffentlichung der bis jetzt erhaltenen Resultate für zweckmässig, denn einerseits hat sich so viel Versuchsmaterial angehäuft, dass eine Bearbeitung desselben im Interesse der Uebersicht dringend nothwendig ist, andererseits steht eine Vollendung der Untersuchung nicht in naher Aussicht, vielmehr würde noch viele Arbeit und Zeit dazu erforderlich sein.

Die Versuchsmethode ist zuerst von Fechner in den „Elementen der Psychophysik" S. 131 u. ff. kurz dargestellt und neuerdings von demselben ausführlich besprochen worden in seiner Abhandlung „Ueber die Methode der richtigen und falschen Fälle in Anwendung auf die Maassbestimmungen der Feinheit des Raumsinnes"[1]), von welcher Arbeit auch in dieser Zeitschrift ein Auszug veröffentlicht worden ist (Bd. 21 S. 527 ff.).

Versuche nach der Methode der Aequivalente liegen bisher nur wenige vor. Die ersten von E. H. Weber, angestellt über die Empfindlichkeit verschiedener Hauttheile für den Druck durch aufgelegte Gewichte, sind beschrieben in einer Sammlung seiner

1) Im 13. Bande der Abhandlungen d. mathemat. physik. Klasse d. kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch., Nr. 2 S. 111 ff.

Programme S. 98 ff., welche Sammlung unter dem Titel programmata collecta bei C. F. Köhler zu Leipzig erschienen ist. Ich selbst habe die Beschreibung dieser Versuche nicht gelesen, von Fechner werden dieselben als noch sehr einfach bezeichnet. Sodann sind in der erwähnten Abhandlung Fechner's zwei Versuchsreihen mitgetheilt, welche in den Jahren 1859 und 1860 von Grabau und Koch unter Leitung Fechner's, mit Einhaltung aller nöthigen Vorsichtsmaassregeln angestellt worden sind. Eine systematische experimentelle Bearbeitung der Methode hat aber bisher noch nicht stattgefunden.

Obwohl ich nun, theoretische Fragen betreffend, der erwähnten Abhandlung Fechner's nur wenig beizufügen habe, also in der Hauptsache auf dieselbe verweisen könnte, so wird es doch zur Bequemlichkeit des Lesers dienen, hier das Wichtigste recapitulirt zu finden, umsomehr, als die Abhandlung selbst schwer zu erhalten ist und in dem hier erschienenen Auszuge der Aequivalenzmethode nur kurz gedacht ist. Ich habe noch zu erwähnen, dass ich während der Versuchszeit in fortlaufender Correspondenz mit Fechner stand und mich nicht nur seines Rathes, sondern auch seiner Anleitung bei den Rechnungen zu erfreuen hatte. Leider macht ihm seit einiger Zeit der Zustand seiner Augen wissenschaftliche Arbeiten unmöglich; ich habe (in wichtigen Fragen), wo eine Uebereinstimmung zwischen uns nicht mehr erzielt werden konnte, dies im Texte überall besonders bemerkt.

Sieht man von den neuesten Arbeiten[1]) auf dem Gebiet des Tastsinnes zunächst ab, deren Ziel von vornherein von dem unsern verschieden war und auf deren Ergebnisse ich am Ende der Abhandlung näher eingehen werde, so kommen für Prüfung des Raumsinnes drei psychophysische Methoden in Betracht, nämlich 1. die von E. H. Weber ausgebildete Methode der eben merklichen Grössen (im Folgenden = *EM*), 2. die von Vierordt und Volkmann erfundene Methode der richtigen und falschen Fälle (= *Ri*), 3. die Methode der Aequivalente (= *Ae*). Diese drei Methoden

1) Magnus Blix diese Zeitschrift Bd. 21 S. 145 und A. Goldscheider im Archiv für Physiologie von du Bois-Reymond 1885, Supplementband S. 78 ff.

ergänzen sich in mannigfacher Beziehung, namentlich insofern, als das Feld der einen da beginnt, wo die andere keine Verwendung mehr finden kann.

EM liegt bekanntlich folgende Thatsache zu Grunde: berührt man irgend eine Körperstelle mit den zwei Spitzen eines eben weit genug geöffneten Zirkels, so entsteht die Empfindung, dass an zwei verschiedenen Hautpunkten berührt wurde und dass diese Hautpunkte um einen ganz kleinen „den eben merklichen“ Abstand von einander entfernt sind. Die Distanz der Zirkelspitzen, welche diese Empfindung verursacht, ist, wie E. H. Weber gezeigt hat, sehr verschieden an den einzelnen Körperstellen und charakteristisch für die Empfindlichkeit derselben, nämlich klein bei fein tastenden, gross bei minder fein tastenden Hautbezirken.

Berührt man aber mit einem Zirkel, dessen Spitzen nicht weit genug geöffnet waren, um die „eben merkliche“ Empfindung hervorzurufen, so meint man, es sei nur eine einzige Hautstelle berührt worden und die hier eintretenden Empfindungen und daraus fliessenden Urtheile des Beobachters geben das Material für die Methode *Ri*.

Macht man die Distanz der Zirkelspitzen grösser als bei *EM* erforderlich, so wird der Beobachter, dessen Haut berührt wurde, ein Urtheil über die Grösse der Distanz abgeben können, wenigstens dahin gehend, dass dieselbe klein, gross oder sehr gross gewesen sei und wenn zwei verschiedene Hautstellen rasch nach einander mit zwei verschieden weit geöffneten Zirkeln berührt wurden, wird der Beobachter nach dem Gefühl urtheilen können, es sei der zweite Zirkel gleich weit, weniger weit oder weiter geöffnet gewesen als der erste.

Im Allgemeinen wird nun der Aequivalenzversuch folgendermaassen ausgeführt: Die Spitzendistanz des einen der beiden Zirkel wird vom Experimentirenden beliebig gross gewählt (nur immer grösser als bei *EM* erforderlich), einmal gewählt aber während des ganzen Versuches constant gehalten. Sie heisse die *A*-Distanz und wird auf der einen der zu prüfenden Körperstellen aufgesetzt. Sodann setzt man auf der zweiten Körperstelle den zweiten Zirkel auf, dessen Spitzen eine merklich grössere oder kleinere Distanz haben (als die *A*-Distanz) und ändert dieselbe, welche *B*-Distanz

heissen mag, so lange, bis sie dem Beobachter dem Gefühl nach gleich gross erscheint als die A-Distanz. Des Nähern war mein Verfahren folgendes: Nachdem an der einen Hautstelle die A-Distanz aufgesetzt und der Zirkel wieder entfernt worden war, wurde unmittelbar darauf an der anderen die merklich grössere B-Distanz aufgesetzt und es erfolgte in der Regel das Urtheil des Beobachters, dass die B-Distanz als grösser empfunden worden sei (wenn nicht, wurde sie erheblich vergrössert noch einmal aufgesetzt). Nunmehr wurde die B-Distanz um so viel verkleinert, als man dem Gefühl des Beobachters nach für nöthig erachtete, denn seine Urtheile lauteten z. B. „viel zu gross" oder „nur wenig zu gross"; jedoch erfolgte die Verkleinerung vorsichtig, um nicht zu viel zu thun. Es wurde die A-Distanz und die abgeänderte B-Distanz von Neuem aufgesetzt und wenn der Beobachter, was hie und da vorkam, beide Distanzen bereits als gleich gross empfand, wurde die B-Distanz gemessen und war der Versuch damit beendigt; in der Regel musste aber die B-Distanz noch einige Mal verkleinert und beide Distanzen wiederholt aufgesetzt werden, bis Gefühl der Gleichheit eintrat. Ganz entsprechend verfuhr ich beim Ausgang von einer merklich zu kleinen B-Distanz. Dass von einer anfangs zu grossen B-Distanz ausgegangen wurde, bezeichne ich im Folgenden mit $\wedge$, das Umgekehrte mit $\vee$.

Es ist wichtig zu bemerken, dass ich von der erst zu gross oder zu klein genommenen B-Distanz aus durch successives Abändern derselben in einer und derselben Richtung den Punkt gefunden und notirt habe, wo das Gefühl der Gleichheit zuerst eintritt und nur ausnahmsweise über das Ziel in entgegengesetzter Richtung hinausgekommen bin, so dass ein Rückgang nothwendig wurde. Fechner dagegen kam, bei den unter seiner Leitung angestellten Versuchen, auch im Ausgang von einer zu grossen oder zu kleinen B-Distanz erst durch wiederholtes Hin- und Herändern der B-Distanz zwischen zu gross, zu klein und unsicher auf die definitive Einstellung möglichst sicher, bei welcher er sich beruhigte. Nun gibt es selbstverständlich nicht eine einzige B-Distanz, welche gleich gross empfunden werden kann, wie eine gegebene A-Distanz, sondern es sind hierzu alle möglichen Werthe

geeignet, welche zwischen der oberen und unteren Grenze der Aequivalenzschwelle liegen. Bei Fechner's Verfahren wird das Mittel aller unter der Aequivalenzschwelle begriffenen Werthe mit jedem einzelnen Versuche eher erreicht werden, wogegen meine einzelnen Einstellungen sich mehr der oberen oder unteren Grenze der Aequivalenzschwelle nähern werden und es wird bei mir erst durch Mittelziehung von $\wedge$ und $\vee$ die Compensation der Einseitigkeit einer jeden der beiden Seiten erzielt werden. Aber Fechner selbst ist geneigt, meinem Verfahren den Vorzug zu geben, namentlich deshalb, weil bei demselben in gleicher Zeit mehr Aequivalenzbestimmungen gemacht werden können als bei seinem, ohne dass das Resultat beeinträchtigt würde.

Hat man nun auf die eine oder andere Weise eine genügende Anzahl Aequivalenzversuche angestellt und daraus in passender Weise das Mittel genommen, so findet man (wenigstens bei allen bisher untersuchten Hautstellen), dass einer Distanz aufgesetzt an einer fein tastenden Hautstelle eine merklich grössere Distanz an einer minder fein tastenden Hautstelle äquivalent ist. So scheint z. B. eine Distanz von 4 Pariser Linien aufgesetzt an der Stirne und eine solche von 2,4 Linien aufgesetzt an der Oberlippe dem Gefühl nach gleich gross.

Das „Aequivalenzverhältnis", also der Bruch $\frac{4}{2,4} = 1,67$ kann nun, wie es zunächst scheint, ohne weiteres zum Maass für die Empfindlichkeit der beiden verglichenen Hautstellen dienen, indem er ja aussagt, dass an der Stirn ein 1,7 mal so grosser Sinnesreiz nothwendig war, wie an der Oberlippe, um gleiche Empfindung hervorzurufen, daher nach einer allgemein angenommenen Definition, der Oberlippe 1,7 mal so grosse Empfindlichkeit zuzuschreiben wäre, wie der Stirne. Ferner scheint es keinem Anstand zu unterliegen, etwa von der Stirne ausgehend ein allgemeines Maass für die Empfindlichkeit der ganzen Körperoberfläche nach *Ae* zu gewinnen, man brauchte nur zu untersuchen, welche Distanzen an allen möglichen Körperstellen gleich gross empfunden würden, wie 4 Linien an der Stirne. Es scheint selbstverständlich, dass die gefundenen Distanzen auch 2,4 Linien an der Oberlippe äquivalent wären, ja

nicht unwahrscheinlich, dass die so erhaltenen Aequivalenzverhältnisse mit denjenigen übereinstimmen werden, welche man aus den Resultaten von *EM* berechnen kann. Denn es ist sehr plausibel, dass die eben merkliche Distanz an allen Hautstellen auch gleich gross empfunden wird.

Namentlich der Methode *Ri* schien die Aequivalenzmethode weit überlegen. Führt doch bei letzterer ein ganz einfaches Rechenverfahren zum Ziele, wogegen erstere mühsame Rechnungen nothwendig macht, und schien *Ae* weit weniger Versuche zu erfordern, als *Ri*, schon deshalb, weil bei *Ae* eine Menge Complicationen wegfallen, mit welchen *Ri* behaftet ist. So z. B. die Frage, wie die Zwischenfälle zwischen richtig und falsch zu behandeln seien, ob wissentliches oder unwissentliches Verfahren einzuhalten sei etc. Man konnte höchstens als äusseren Vortheil von *Ri* gegen *Ae* anführen, dass erstere Methode, mit kleinen Distanzen arbeitend, nicht so leicht in Hautgebiete von merklich verschiedener Empfindlichkeit hineinreichen werde; es ist aber selbstverständlich bei beiden Methoden eine Gleichförmigkeit der Empfindlichkeit über die ganze durch die Versuche in Anspruch genommene Hautfläche vorausgesetzt.

Leider liegen die Verhältnisse bei der Aequivalenzmethode nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick scheint, vielmehr erheben sich folgende Fragen:

1. Wenn eine Distanz von 4 Linien an der Stirne und 2,4 Linien an der Oberlippe äquivalent sind, darf man in der That, wie bisher stillschweigend geschehen, annehmen, dass nun auch 8 Linien und 4,8 Linien äquivalent sein werden? Nach den beim Tastsinn obwaltenden Verhältnissen ist dies vielmehr von vornherein unwahrscheinlich und in der That ergibt der Versuch, wie ich vorgreifend hier schon mittheilen will, dass 8 Linien auf der Stirn und 5,9 auf der Oberlippe äquivalent sind, was einem Aequivalenzverhältnis = 1,36 (statt früher 1,67) entspricht. Zu ähnlichen Resultaten wie an Stirn und Lippe bin ich auch an den anderen von mir geprüften Körperstellen gekommen. Daraus entspringt die Aufgabe, zu untersuchen, ob allgemeine oder locale Ursachen die Abhängigkeit des Aequivalenzverhältnisses von der Distanzgrösse her-

beiführen und diese Abhängigkeit, wenn der erste Fall zutrifft, durch eine allgemeine Formel zu repräsentiren.

2. Es sei ein Aequivalenzverhältnis zwischen Stirn und Lippe $= \frac{St}{L}$ durch den Versuch gefunden und man ziehe nun eine dritte Körperstelle zur Untersuchung bei, z. B. das Handgelenk. Man wird durch Versuche sowohl das Verhältnis zwischen Stirn und Handgelenk, als auch zwischen Lippe und Handgelenk ermitteln und indem man bei denselben als A-Distanz auf der Stirne St und auf der Lippe L wählt, solches als $\frac{St}{H}$ und $\frac{L}{H'}$ finden. Wenn H und H' weiter von einander differiren, als auf Rechnung unausgeglichener Zufälligkeiten zu setzen erlaubt ist, muss der Schluss gezogen werden, dass beim Aequivalenzversuch zwischen je zwei Körperstellen specifische psycho-physische Verhältnisse eintreten und dass es unmöglich ist, durch die Aequivalenzmethode ein allgemeines Maass für die Körperoberfläche zu gewinnen, da ein solches mit sich bringt, dass äquivalente Distanzen auf Stirn und Lippe derselben Distanz an einer dritten Körperstelle äquivalent sind[1]).

2. Constante Fehler; dadurch bedingte Anordnung der Versuche.

Bei allen psycho-physischen Methoden sind bekanntlich die einzelnen Versuche sowohl mit zufälligen, als auch mit constanten Fehlern behaftet, von denen die ersten dadurch eliminirt werden, dass man aus einer genügend grossen Anzahl von Einzelversuchen das Mittel nimmt. Die constanten Fehler rühren davon her, dass die einzelnen Versuche, resp. Versuchsgruppen von der ihnen eigenthümlichen Raum- und Zeitlage einseitig beeinflusst

1) Gegen diesen Schluss könnte man allerdings die Einwendung machen, dass (wie der Versuch ergibt) die Aequivalenzverhältnisse $\frac{St}{L}$; $\frac{St}{H}$ und $\frac{L}{H'}$ nicht identisch sind mit dem wahren Aequivalenzverhältnis zwischen den betreffenden Körpertheilen. Denn da das Aequivalenzverhältnis von der Grösse der gebrauchten Distanzen abhängig ist, so wird man als das wahre Aequivalenzverhältnis zwischen zwei Körpertheilen zu betrachten haben das Mittel aus allen Aequivalenzverhältnissen, welche innerhalb einer unteren und oberen Grösse der Distanzen möglich sind.

werden und sind dadurch zu beseitigen, dass jedem einzelnen Versuch ein anderer mit entgegengesetzter Raum- und Zeitlage gegenübergestellt und schliesslich von den entgegengesetzten Versuchscombinationen das Mittel genommen wird, wie oben bei Fall $\wedge$ und $\vee$ angeführt wurde. Zunächst sei gezeigt, in welcher Weise bei unserer Methode verfahren werden muss, um ein von constanten Fehlern befreites Aequivalenzverhältnis zu erhalten und um die Grösse der constanten Fehler zu berechnen.

Es seien zwischen Stirn und Lippe n Aequivalenzversuche mit gleicher Raum- und Zeitlage vorhanden, worunter begriffen sei, dass jedes Mal die constante A-Distanz (welche Sta heisse) auf der Stirne aufgesetzt worden ist. Alsdann werden n Werthe für die B-Distanz (welche immer auf der Lippe aufgesetzt wurde) vorhanden sein und mögen dieselben l', l'', $l''' \cdots l^n$ heissen. Nimmt man von ihnen das arithmetische Mittel, so erhält man $\frac{l' + l'' + l''' \cdots l^n}{n} = L$ und als das (bei genügend grossem n von zufälligen Fehlern freie, aber noch mit constanten Fehlern behaftete) Aequivalenzverhältnis den Werth $\frac{Sta}{L}$. Sind nun ebenfalls n-Versuche mit entgegengesetzter Raum- und Zeitlage angestellt worden, so musste dabei die constante A-Distanz auf der Lippe aufgesetzt werden (sie heisse La) und müssen n verschiedene Werthe für die B-Distanz, aufgesetzt auf der Stirne, vorhanden sein, deren arithmetisches Mittel $\frac{st' + st'' + st''' \cdots st^n}{n} = St$ sei. Das aus dieser zweiten Versuchscombination abgeleitete Aequivalenzverhältnis ist demnach $\frac{St}{La}$.

Sei nun x das gesuchte, von constanten Fehlern freie Aequivalenzverhältnis, so kann der Einfluss einer Combination von constanten Fehlern auf x ausgedrückt werden durch Multiplication von x mit dem Factor C, der entgegengesetzten Combination durch Multiplication mit $\frac{1}{C}$; woher die Gleichungen:

$$C \times x = \frac{Sta}{L};\ x = \frac{Sta}{L} \cdot \frac{1}{C} \tag{1}$$

$$\frac{1}{C} \times x = \frac{St}{La};\ x = \frac{St}{La} \cdot C \tag{2}$$

Multiplication von Gl. 1 und 2 gibt

$$x^2 = \frac{Sta \cdot St}{L \cdot La};\ x = \sqrt{\frac{Sta \cdot St}{L \cdot La}}$$

Division von Gl. 1 durch 2 gibt

$$C^2 = \frac{Sta \cdot La}{L \cdot St};\ C = \sqrt{\frac{Sta \cdot La}{L \cdot St}}.$$

Da nun die A-Distanz (sofern keine besonderen Gründe dagegen vorhanden) vom Experimentator willkürlich gewählt werden kann, wird derselbe $La = Sta = A$ machen können, wodurch sich obige Formeln vereinfachen wie folgt: $x = \sqrt{\frac{St}{L}};\ C = \frac{A}{\sqrt{L \cdot St}}$. Wie man zu verfahren hat, um einzelne constante Fehler isolirt zu berechnen, wird sich unten bei Besprechung meiner ersten Untersuchung ergeben.

Fechner bezeichnet in seiner Abhandlung als G^1-Verfahren, wenn man, wie oben erwähnt, $La = Sta$ wählt und gibt demselben den Vorzug, da es die Rechnung vereinfacht. Dies Verfahren ist aber nicht unbedenklich, wie sich sogleich zeigen wird, wenn man den Versuch zwischen Stirn und Lippe des Näheren verfolgt. Setzt man nämlich die A-Distanz $= 4$ Linien auf die Stirne, so wird man auf der Lippe eine äquivalente B-Distanz erhalten, welche a heisse und von der mittleren B-Distanz 2,4 ein wenig abweichen wird. Setzt man nunmehr A-Distanz $= 4$ Linien auf die Lippe, so wird man eine B-Distanz auf der Stirne erhalten, welche b heisse und etwas kleiner sein wird als 6. Das von constanten Fehlern freie Aequivalenzverhältniss $x = \sqrt{\frac{4}{a} \frac{b}{4}} = \sqrt{\frac{b}{a}}$ ist berechnet aus den stark differirenden Zahlen b und a, was Bedenken erregen muss, da das Aequivalenzverhältniss von der Grösse der Distanzen abhängig ist. Hier empfiehlt sich offenbar mehr die von

Fechner als G^2-Verfahren bezeichnete Methode, nämlich: nachdem A-Distanz = 4 Linien auf der Stirne aufgesetzt und die zugehörige B-Distanz auf der Lippe = a erhalten wurde, macht man die A-Distanz auf der Lippe = a und wird auf der Stirne eine B-Distanz = c erhalten, welche nicht viel von 4 entfernt sein wird, woraus folgt $x = \sqrt{\frac{4c}{a^2}} = \frac{\sqrt{4c}}{a}$. Die Werthe 4, c und a liegen sich so nahe, als überhaupt möglich ist und wird das G^2-Verfahren demnach jedenfalls dann anzuwenden sein, wenn es sich um experimentelle Prüfung der Frage handelt, ob das Aequivalenzverhältniss von der Grösse der gebrauchten Distanzen abhängig ist oder nicht.

Wenn mehr als ein Beobachter zu den Versuchen beigetragen hat, wird fraglich, wie aus den Resultaten der einzelnen Beobachter das Mittel genommen werden soll. In jedem Fall ist vorausgesetzt, dass sämmtliche Beobachter genau unter denselben äusseren Umständen gearbeitet haben. Wenn nun, wie bei meinen Versuchen, vier Beobachter zugezogen waren, wird man statt der oben erwähnten Mittelwerthe der B-Distanzen L und St deren vier erhalten, nämlich für den ersten Beobachter L', für den zweiten L'' und sofort L''', L'''' und St', St'', St''', St''''. Es ist nach Fechner zulässig und am einfachsten, daraus die arithmetischen Mittel zu bilden (z B. $\frac{L' + L'' + L''' + L''''}{4}$) und mit denselben zu verfahren, wie oben mit L und St angegeben wurde. Die von mir zugezogenen Beobachter waren I = ich selbst; II = meine Frau; III = meine älteste; IV = meine zweitälteste Tochter, sämmtlich in psycho-physischen Versuchen wohl geübt. Mir wurden die Zirkelspitzen vom III aufgesetzt, den andern von mir; die Zirkel waren dieselben, welche von Grabau und Koch gebraucht und mir von Fechner überlassen worden waren.

Die Distanzen sind in Pariser Duodecimallinien (eine solche = $1/12$ des Pariser Fusses = 2,256 ^{mm}) und in Decimalen von solchen angegeben.

3. Resultate der Versuche.

Erste Untersuchung.

Um das von mir befolgte Verfahren, die bei solchen Versuchen nothwendigen Vorsichtsmaassregeln und die zweckmässigste Art der Berechnung ganz klar zu machen, gebe ich die vier ersten meiner Versuchstabellen ausführlich. Es handelt sich um die schon öfter erwähnten Versuche zwischen Stirne und Oberlippe, unternommen zur Lösung der Frage, ob die Grösse der gebrauchten Distanz auf das Aequivalenzverhältniss von Einfluss ist. Die Distanzen standen quer zur Längsachse des Körpers, auf der Stirne und Oberlippe möglichst in der Mitte und zwar auf letzterer da, wo rother und weisser Theil der Lippe zusammenstösst. Die Zahlen der Tabellen sind die den jeweils gebrauchten A-Distanzen äquivalenten B-Distanzen. Es wurde G^2-Verfahren angewandt. Weitere Erklärungen folgen hinter den Tabellen.

(Siehe die Tabellen auf S. 520 u. 521.)

Es wurde also, wie aus Tabelle I ersichtlich, am 18. October begonnen und zwar mit Beobachter I, A-Distanz = 4 Linien, zuerst auf der Stirne aufgesetzt; Verfahren $\wedge$ eingehalten und als äquivalente B-Distanz 1,9 Linien gefunden. Sodann wurde bei demselben Beobachter nach Verfahren $\vee$ die B-Distanz = 1,7 Linien gefunden, worauf die drei anderen Beobachter in derselben Weise folgten. Nunmehr kam wieder Beobachter I mit A-Distanz = 8 Linien und Verfahren $\wedge$ an die Reihe und erhielt man als zugehörige B-Distanz 5,2 Linien; nach dem Verfahren $\vee$ sodann 5,5 Linien, worauf wieder die drei übrigen Beobachter folgten. Zur ganzen „Versuchsreihe" brauchte man ca. 14 Minuten Zeit. Es war darauf Bedacht zu nehmen, gleich oft eine Versuchsreihe mit $\wedge$ Fall wie mit $\vee$ Fall zu beginnen und ist dies in den Tabellen dadurch angezeigt, dass erstenfalls die Zahlen ohne Zeiger, zweitenfalls mit Zeigern geschrieben sind, auch konnte es auf das Resultat von Einfluss sein, ob die Versuchsreihe mit A-Distanz = 4 Linien (a-Fall) oder mit A-Distanz = 8 Linien (b-Fall) begonnen wurde, daher wurde auch damit regelmässig abgewechselt. In Folge Anwendung des G^2-Verfahrens gruppiren sich die 15 Versuchsreihen einer Tabelle naturgemäss in (4) Unterabtheilungen.

Tabelle I.

A-Distanz auf Stirne zuerst aufgesetzt, *B*-Distanz auf Lippe.

Datum des Versuches 1884	A-Distanz	a-od. b-Fall	Kleine A-Distanz								Grosse A-Distanz							
			Beobachter								Beobachter							
			I		II		III		IV		I		II		III		IV	
			∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨
18. Oct. 8 U. früh		a	1,9	1,7	3,0	1,9	1,8	2,0	2,0	2,0	5,2	5,5	7,7	7,2	4,6	4,9	4,7	4,2
19. Oct. 8 U. früh	4 und	b	3,2	2,4	3,1	3,1	2,6	3,2	3,1	2,6	4,6	5,8	7,0	6,7	4,4	4,7	4,1	3,2
19. Oct. 8 U. abds.	8 Lin.	a	2,3	2,8	3,2	2,3	2,5	2,2	2,7	2,3	5,1	4,0	4,7	4,7	4,4	4,3	4,9	4,4
20. Oct. 1 U. nachm.		b	2,7	2,4	3,0	1,4	2,4	2,5	2,0	1,7	4,8	5,6	5,8	5,6	4,5	4,6	4,7	4,4
23. Oct.		a	2,4′	2,1′	2,7′	2,1′	2,5′	2,8′	1,6′	2,5′	5,7′	5,4′	5,3′	6,1′	5,1′	5,3′	5,5′	5,3′
23. Oct.		b	2,8′	2,6′	1,7′	1,8′	2,3′	2,4′	1,8′	1,6′	5,7′	5,3′	6,7′	4,7′	4,2′	5,5′	4,3′	5,0′
25. Oct.	"	a	2,5′	2,3′	2,2′	1,7′	1,9′	2,3′	1,8′	1,6′	6,0′	5,2′	5,9′	5,0′	3,6′	4,4′	4,4′	4,1′
25. Oct.		b	2,6′	2,5′	2,2′	2,3′	2,6′	2,5′	1,8′	2,3′	5,4′	6,4′	6,8′	4,8′	5,2′	5,1′	6,0′	4,4′
28. Oct.		a	2,9	2,2	2,1	2,2	2,4	2,2	2,1	2,2	5,3	5,9	7,0	6,9	5,7	6,0	5,2	5,9
28. Oct.		b	2,9	3,1	2,4	2,3	2,2	2,0	2,3	2,0	6,3	6,3	6,2	6,2	6,6	6,0	5,8	5,6
29. Oct.	"	a	3,2	3,0	2,5	2,3	2,5	2,6	2,3	2,4	5,3	5,4	6,2	6,5	5,2	4,6	5,2	5,4
30. Oct.		b	3,1	2,7	1,9	1,8	3,0	3,0	2,1	1,6	6,6	6,1	5,1	5,6	5,3	5,2	5,5	5,4
3. Nov.		a	3,0′	3,0′	2,5′	2,2′	2,2′	2,6′	2,1′	1,6′	6,2′	6,0′	5,5′	5,2′	4,9′	5,2′	5,6′	5,6′
4. Nov.	„	b	2,7′	2,7′	3,0′	2,0′	2,3′	2,2′	2,0′	2,3′	6,3′	5,3′	5,2′	5,6′	5,2′	5,2′	6,1′	5,6′
5. Nov.		a	3,0′	2,8′	2,8′	2,4′	2,4′	2,8′	2,1′	2,1′	5,7′	5,8′	6,5′	6,2′	5,1′	5,5′	5,2′	5,3′

Tabelle II.

A-Distanz auf Stirne zweit aufgesetzt, *B*-Distanz auf Lippe zuerst aufgesetzt.

Datum des Versuches 1884	A-Distanz	a-od. b-Fall	Kleine A-Distanz I ∧	I ∨	II ∧	II ∨	III ∧	III ∨	IV ∧	IV ∨	Grosse A-Distanz I ∧	I ∨	II ∧	II ∨	III ∧	III ∨	IV ∧	IV ∨
18. Oct. 7 U. abds.		a	2,8	2,7	2,8	2,7	2,4	2,6	1,9	2,0	6,1	5,9	6,6	5,1	5,2	5,0	4,8	5,2
19. Oct. 2 U. nachm.	4 und	b	2,8	2,2	3,0	2,4	3,6	2,9	2,5	1,9	6,1	5,9	7,3	6,8	4,7	3,8	5,1	5,2
20. Oct. 8 U. früh	8 Lin.	a	3,5	3,0	2,6	2,1	2,0	1,7	2,6	1,7	5,7	4,7	6,8	6,5	4,5	5,0	5,0	5,9
20. Oct. 4 U. nachm.		b	2,7	2,9	2,7	2,0	1,8	2,2	2,7	2,6	5,7	4,8	6,5	6,2	4,2	4,8	4,8	5,6
23. Oct.		a	3,1′	2,5′	1,7′	1,6′	1,9′	2,1′	1,7′	1,8′	7,1′	6,5′	7,3′	6,1′	5,1′	4,6′	4,7′	4,9′
23. Oct.		b	2,7′	2,5′	2,4′	1,8′	2,1′	2,4′	2,8′	2,4′	6,0′	5,9′	6,1′	5,6′	5,1′	4,9′	5,7′	5,8′
25. Oct.	"	a	2,6′	2,5′	2,0′	2,2′	2,0′	2,0′	2,3′	2,2′	6,1′	5,4′	6,2′	6,0′	5,0′	6,0′	5,8′	6,0′
26. Oct.		b	2,8′	3,0′	1,7′	1,8′	1,8′	2,0′	1,7′	1,3′	7,3′	6,3′	6,4′	6,2′	5,2′	5,7′	5,2′	5,6′
28. Oct.		a	2,5	2,6	2,2	1,9	2,4	2,5	2,0	2,1	5,6	6,1	6,8	6,5	3,9	5,5	4,9	5,2
29. Oct.		b	2,9	3,3	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,2	6,0	6,8	6,2	6,3	5,4	5,7	5,8	6,0
29. Oct.	"	a	2,9	3,5	2,2	2,2	2,4	2,1	2,1	2,4	7,2	7,1	6,6	5,7	5,8	5,3	5,2	6,0
30. Oct.		b	3,1	2,8	2,8	2,1	2,8	2,5	2,5	2,6	6,0	6,6	6,0	6,0	5,7	5,7	5,2	6,1
3. Nov.		a	3,1′	2,8′	2,3′	3,0′	2,1′	2,8′	1,9′	2,7′	5,9′	6,7′	6,6′	6,0′	5,0′	5,5′	5,0′	5,4′
3. Nov.	„	b	2,9′	2,5′	3,2′	2,6′	2,8′	2,9′	2,1′	2,1′	6,4′	6,1′	6,7′	6,2′	5,0′	5,3′	5,3′	5,9′
4. Nov.		a	3,4′	3,0′	2,4′	2,2′	2,3′	2,0′	1,5′	2,2′	6,2′	6,1′	6,3′	6,3′	5,7′	5,1′	5,1′	5,8′

Tabelle III.

A-Distanz auf Oberlippe zuerst aufgesetzt.

Datum des Versuches 1884	*A*-Distanz	*a*-od. *b*-Fall	Kleine *A*-Distanz, Beobachter I ∧	I ∨	II ∧	II ∨	III ∧	III ∨	IV ∧	IV ∨	Grosse *A*-Distanz, Beobachter I ∧	I ∨	II ∧	II ∨	III ∧	III ∨	IV ∧	IV ∨
20. Oct. 7 U. abds.		*a*	3,6	4,1	4,4	3,7	4,2	3,8	4,1	4,0	6,9	6,3	7,1	6,0	7,1	7,8	7,0	6,6
21. Oct. 8 U. früh	2,5 u.	*b*	5,8	4,0	4,0	3,8	3,7	4,2	4,8	3,9	6,8	7,0	7,3	7,6	7,1	7,2	6,5	7,7
21. Oct. 7 U. abds.	5,2 L.	*a*	3,6	3,6	4,3	4,2	3,6	4,0	3,9	3,7	6,3	6,4	6,8	6,0	6,8	6,0	6,4	6,7
22. Oct. 12 U. mitt.		*b*	3,8	3,4	4,3	3,7	3,7	3,1	3,8	4,0	6,9	6,8	7,0	6,7	7,4	8,0	7,1	6,8
26. Oct.		*a*	3,7′	2,7′	3,9′	3,8′	3,6′	3,3′	4,1′	3,9′	6,7′	7,6′	7,0′	6,9′	8,3′	7,3′	6,7′	7,6′
26. Oct.	2,2 u.	*b*	4,0′	4,1′	3,7′	3,5′	3,5′	3,4′	4,4′	4,5′	6,3′	6,8′	7,7′	7,0′	7,1′	7,1′	7,2′	7,4′
27. Oct.	5,5 L.	*a*	4,7′	4,7′	4,5′	4,7′	3,7′	4,1′	4,2′	5,0′	7,5′	7,5′	6,8′	7,0′	6,9′	7,7′	7,1′	7,7′
27. Oct.		*b*	3,8′	4,1′	4,5′	4,6′	3,8′	4,3′	4,3′	4,9′	8,4′	6,7′	6,3′	7,0′	7,0′	6,9′	6,6′	7,8′
30. Oct.		*a*	4,0	3,7	4,0	3,2	4,0	3,4	3,8	4,1	6,1	7,0	6,9	6,7	7,3	7,2	7,2	7,4
31. Oct.	2,5 u.	*b*	4,4	4,9	4,0	4,8	3,6	3,9	4,0	4,2	6,6	6,7	7,4	6,8	7,5	7,4	7,5	8,1
1. Nov.	5,8 L.	*a*	3,0	4,0	4,8	4,4	3,7	4,5	4,0	4,7	6,9	7,2	7,2	6,4	7,5	7,6	6,5	7,5
1. Nov.		*b*	4,1′	4,3′	4,6′	4,7′	4,3′	4,3′	4,0′	4,6′	7,4′	7,5′	7,8′	7,7′	7,3′	6,6′	7,1′	7,4′
6. Nov.	2,5 u.	*a*	3,6′	3,7′	5,1′	3,5′	3,8′	3,2′	4,0′	4,1′	7,6′	6,[illegible]′	6,6′	6,3′	7,3′	6,1′	6,9′	7,0′
6. Nov.	5,7 L.	*b*	4,6′	3,7′	3,6′	3,3′	4,0′	4,4′	4,2′	4,4′	6,6′	6,6′	7,0′	6,5′	6,5′	7,3′	6,4′	7,9′
7. Nov.		*a*	3,9′	3,0′	3,9′	3,9′	4,0′	4,4′	4,5′	4,4′	7,3′	7,2′	6,4′	6,2′	7,0′	6,7′	6,8′	7,2′

Tabelle IV.

A-Distanz auf Oberlippe zweit aufgesetzt, *B*-Distanz auf Stirne zuerst aufgesetzt.

Datum des Versuches 1884	*A*-Distanz	*a*-od. *b*-Fall	Kleine *A*-Distanz, Beobachter I ∧	I ∨	II ∧	II ∨	III ∧	III ∨	IV ∧	IV ∨	Grosse *A*-Distanz, Beobachter I ∧	I ∨	II ∧	II ∨	III ∧	III ∨	IV ∧	IV ∨
20. Oct. 10 U. abds.		*a*	4,5	4,0	4,0	4,7	3,7	4,6	4,0	4,5	6,3	7,8	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0	7,7
21. Oct. 12 U. mitt.	2,5 u.	*b*	4,2	2,7	3,9	3,4	3,9	4,2	3,8	4,2	7,0	6,5	7,2	7,0	6,8	8,2	7,0	7,5
22. Oct. 7 U. früh	5,2 L.	*a*	3,2	4,3	4,0	3,9	4,2	4,7	4,2	4,8	7,2	7,3	6,4	6,5	6,4	6,6	7,0	7,8
22. Oct. 7 U. abds.		*b*	3,9	3,4	4,2	3,5	3,7	4,3	4,4	3,8	7,2	6,1	6,5	6,4	6,8	6,8	7,3	7,2
26. Oct.		*a*	2,5′	3,7′	3,2′	3,8′	3,6′	3,6′	4,7′	5,0′	7,4′	6,7′	6,2′	6,8′	6,4′	7,1′	6,6′	6,7′
26. Oct.	2,2 u.	*b*	3,8′	3,8′	4,4′	4,4′	3,6′	3,4′	4,0′	4,3′	7,3′	7,1′	6,3′	7,3′	6,5′	7,5′	7,3′	7,9′
27. Oct.	5,5 L.	*a*	3,6′	4,4′	4,5′	4,4′	3,3′	3,9′	4,1′	4,3′	7,4′	7,5′	7,2′	6,9′	7,0′	7,1′	6,8′	8,4′
27. Oct.		*b*	3,1′	4,3′	3,7′	3,5′	4,1′	4,7′	4,1′	4,5′	6,6′	7,8′	7,2′	7,5′	6,7′	7,8′	6,9′	8,5′
31. Oct.		*a*	3,9	3,3	4,7	4,1	3,6	4,4	4,6	4,4	6,6	7,3	7,0	7,0	7,2	8,2	7,7	8,3
31. Oct.	2,5 u.	*b*	3,4	4,6	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1	4,5	7,5	7,3	7,5	7,0	6,8	6,9	7,3	7,6
1. Nov.	5,8 L.	*a*	3,8	3,8	4,6	4,8	3,8	4,1	4,1	4,8	6,0	6,8	7,2	7,4	7,1	8,1	7,3	8,5
2. Nov.		*b*	3,4′	3,7′	4,1′	4,5′	3,8′	4,8′	4,1′	5,2′	7,0′	7,1′	6,4′	7,0′	7,0′	8,6′	7,8′	7,4′
6. Nov.	2,5 u.	*a*	4,3′	2,6′	3,6′	3,7′	3,9′	3,7′	4,3′	4,0′	7,8′	6,1′	7,3′	6,5′	7,0′	7,6′	6,5′	7,7′
6. Nov.	5,7 L.	*b*	4,6′	3,2′	3,6′	3,6′	4,4′	4,3′	4,5′	5,1′	7,4′	6,4′	6,5′	7,5′	7,0′	7,1′	6,6′	7,4′
7. Nov.		*a*	3,7′	3,2′	4,0′	4,2′	4,3′	4,6′	3,9′	4,5′	8,0′	7,0′	6,5′	6,5′	6,7′	7,6′	7,0′	7,6′

Nachdem nämlich die vier ersten Versuchsreihen von Tabelle I und II fertig gestellt waren, wurde von allen erhaltenen B-Werthen das arithmetische Mittel genommen und so der A-Distanz = 4 Linien 2,5 Linien; der A-Distanz = 8 Linien 5,2 Linien äquivalent gefunden. 2,5 und 5,2 dienten nun als A-Distanzen für die erste Abtheilung von Tabelle III und IV; nach deren Fertigstellung wurde die zweite Abtheilung von Tabelle I und II mit den A-Distanzen 4 und 8 vorgenommen u. s. w. Hätte man zuerst Tabelle I und II ganz vollendet und wäre sodann erst an Tabelle III und IV gegangen, so wären letztere beide mit den ersteren wegen Uebungs- und anderen Einflüssen nicht recht zu vergleichen gewesen.

Nenne ich wie oben den gesuchten, von constanten Fehlern freien Aequivalenzwerth x und drücke den Einfluss eines constanten Fehlers durch Multiplication von x mit einem Factor (resp. dem reciproken Werth desselben) aus, so habe ich auf Grund der Tabellen folgende Factoren einzuführen:

1. $\begin{cases} p & \text{wenn } A\text{-Distanz auf Stirne} \\ \frac{1}{p} & \text{" \quad " \quad " Lippe} \end{cases}$

2. $\begin{cases} \xi & \text{wenn Stirne zuerst berührt} \\ \frac{1}{\xi} & \text{" \quad Lippe \quad " \quad berührt} \end{cases}$

3. $\begin{cases} \alpha & \text{im } a\text{-Fall der Tabelle I} \\ \frac{1}{\alpha} & \text{für den entgegengesetzten Einfluss} \end{cases}$

4. $\begin{cases} \beta & \text{beim } \wedge\text{-Verfahren der Tabelle I} \\ \frac{1}{\beta} & \text{für den entgegengesetzten Einfluss.} \end{cases}$

Ein fünfter Factor und sein reciproker Werth wäre eigentlich noch einzuführen in Berücksichtigung des Umstandes, dass $\wedge$ Verfahren bald voranging, bald folgte (durch Zahlen ohne und mit Zeigern repräsentirt), ich habe aber, um die Rechnung nicht allzu complicirt zu machen, davon Abstand genommen und man kann die Elimination dieses Fehlers darin finden, dass alle Mittelwerthe aus den Zahlen mit und ohne Zeiger gebildet sind.

Zur Berechnung von x aus seinen Gleichungen waren nun

folgende Summen zu bilden: Tabelle I Fall $a\wedge$ gibt bei 8 Versuchsreihen, 4 Beobachtern und der A-Distanz = 4 Linien als Summe aller A-Distanzen $128 = (8 \cdot 4 \cdot 4)$, als Summe der B-Distanzen 77,1 und als mittleres Aequivalenzverhältniss $\frac{128}{77,1}$[1]), bei der A-Distanz = 8 Linien sind die entsprechenden Werthe $256 = (8 \cdot 4 \cdot 8)$; 172,6 und $\frac{256}{172,6}$. Im Falle $b\wedge$ bei 7 Versuchsreihen und 4 Beobachtern sind die Zahlen $112 = (7 \cdot 4 \cdot 4)$; 69,8 und $\frac{112}{69,8}$ resp. $224 = (7 \cdot 4 \cdot 8)$; 156,4 und $\frac{224}{156,4}$. Im Falle $a\vee$ $\frac{128}{72,7}$ und $\frac{256}{171,4}$; im Falle $b\vee$ $\frac{112}{65,0}$ und $\frac{224}{149,9}$; woraus folgende 8 Gleichungen (x heisse der von constanten Fehlern befreite Aequivalenzwerth bei A-Distanz = 4; x' bei A-Distanz = 8):

$$\text{Für Fall } a\wedge \begin{cases} x \cdot p \cdot \xi \cdot \alpha \cdot \beta = \frac{128}{77,1} \\ x' \cdot p \cdot \xi \cdot \alpha \cdot \beta = \frac{256}{172,6} \end{cases}$$

$$\text{Für Fall } b\wedge \begin{cases} x \cdot p \cdot \xi \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \beta = \frac{112}{69,8} \\ x' \cdot p \cdot \xi \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \beta = \frac{224}{156,4} \end{cases}$$

$$\text{Für Fall } a\vee \begin{cases} x \cdot p \cdot \xi \cdot \alpha \, \frac{1}{\beta} = \frac{128}{72,7} \\ x' \cdot p \cdot \xi \cdot \alpha \, \frac{1}{\beta} = \frac{256}{171,4} \end{cases}$$

$$\text{Für Fall } b\vee \begin{cases} x \cdot p \cdot \xi \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\beta} = \frac{112}{65,0} \\ x' \cdot p \cdot \xi \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\beta} = \frac{224}{149,9} \end{cases}$$

---

1) Durch Division von Zähler und Nenner mit 32 erhielte das Aequivalenzverhältniss die gewöhnliche Form $\frac{4}{2,41}$; man kann sich die Division aber ersparen, da die Rechnung ohnedem mit Logarithmen geführt wird.

Es würde zu weit führen, für sämmtliche vier Tabellen die Gleichungen anzugeben und wird eine Uebersicht der jeweils obwaltenden Fehler- und Factorencombinationen genügen.

	$a \wedge$ Fall	$b \wedge$ Fall	$a \vee$ Fall	$b \vee$ Fall
Tabelle I	$p \cdot \xi \cdot \alpha \cdot \beta$	$p \cdot \xi \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \beta$	$p \cdot \xi \cdot \alpha \cdot \frac{1}{\beta}$	$p \cdot \xi \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\beta}$
Tabelle II	$p \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \beta$	$p \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \alpha \cdot \beta$	$p \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\beta}$	$p \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \alpha \cdot \frac{1}{\beta}$
Tabelle III	$\frac{1}{p} \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\beta}$	$\frac{1}{p} \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \alpha \cdot \frac{1}{\beta}$	$\frac{1}{p} \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \beta$	$\frac{1}{p} \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \alpha \cdot \beta$
Tabelle IV	$\frac{1}{p} \cdot \xi \cdot \alpha \frac{1}{\beta}$	$\frac{1}{p} \cdot \xi \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\beta}$	$\frac{1}{p} \cdot \xi \cdot \alpha \cdot \beta$	$\frac{1}{p} \cdot \xi \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \beta$

Es ist klar, dass Multiplication der aus Tabelle I hervorgehenden 4 Gleichungen mit den aus Tabelle III hervorgehenden entsprechenden 4 Gleichungen sämmtliche Factoren, mit denen x behaftet ist, zum Verschwinden bringt und demnach 4 Werthe von x (und x') liefern wird; desgleichen Multiplication der Gleichungen aus Tabelle II und IV. Division der Gleichung Tabelle I $a \wedge$ Fall durch Gleichung Tabelle IV $a \vee$ Fall wird einen Werth für p liefern und im Ganzen werden 8 Werthe von p zu erhalten sein. Dasselbe gilt von ξ, von α, von β. Der erste Werth von ξ wird erhalten durch $\frac{\text{Tab. I } a \wedge \text{Fall}}{\text{Tab. II } b \wedge \text{Fall}}$; der erste Werth von α durch $\frac{\text{Tab. I } a \wedge \text{Fall}}{\text{Tab. I } b \wedge \text{Fall}}$; der erste Werth von β durch $\frac{\text{Tab. I } a \wedge \text{Fall}}{\text{Tab. I } a \vee \text{Fall}}$, um mich dieser kurzen Ausdrücke zu bedienen.

Die 8 Werthe für x und x' sind nun:

	x	x'
	1,6561	1,3625
	6543	3528
	6874	3642
	7121	3930
	6607	3201
	6036	3248
	7045	3524
	6895	3520
arithmet. Mittel	1,6711	1,3586

Die arithmetischen Mittel sind unter Berücksichtigung des Umstandes gezogen, dass einzelne Werthe von x und x' aus 8 Versuchsreihen, andere aus 7 Versuchsreihen stammen. Die einzelnen Werthe weichen nur wenig vom Mittel ab, die Abweichungen befolgen einen ganz unregelmässigen Gang, die mittlere Abweichung beträgt bei x 0,0273 und bei x' 0,0168.

Ein weit einfacherer, wenn auch nicht ganz correcter Weg, um x und x' zu berechnen, ist folgender: Addirt man alle B-Werthe jeder Tabelle (gesondert natürlich nach A-Distanz = 4 Linien und = 8 Linien) und dividirt mit 120 (weil 15 Versuchsreihen jede mit 8 Versuchen vorhanden), so erhält man als mittlere B-Werthe für Tabelle I 2,385 und 5,405, für Tabelle II 2,400 und 5,745, für Tabelle III 4,035 und 7,020, für Tabelle IV 4,040 und 7,135. Die mittleren A-Werthe für Tabelle I und II sind 4 und 8, für Tabelle III und IV aber 2,425 und 5,550. Daher die Gleichungen

$$\text{von Tabelle I und III } x = \sqrt{\frac{4}{2{,}385} \cdot \frac{4{,}035}{2{,}425}}$$

$$\text{von Tabelle II und IV } x = \sqrt{\frac{4}{2{,}400} \cdot \frac{4{,}040}{2{,}425}}$$

x = 1,6705 = 1,6663; im Mittel 1,6684. Ebenso berechne ich die Werthe von x' zu 1,3683 und 1,3390 und als mittleren Werth x' = 1,3530. Diese mittleren Werthe weichen so wenig von den oben gefundenen ab, dass es zweifellos erlaubt ist, sich der einfacheren Rechnungsweise zu bedienen, was auch in Zukunft geschehen wird.

Der constante Fehler p wurde gefunden { für A-Dist. = 4 } = 1,0013; { „ „ = 8 } = 1,0600; { im Mittel } = 1,0306

der constante Fehler ξ wurde gefunden { wie oben } = 1,0043; = 1,0182; = 1,0112

der constante Fehler α wurde gefunden = 1,0033; = 1,0056; = 1,0044

der constante Fehler β wurde gefunden = 0,9905; = 1,0033; = 0,9969

Wie man sieht, sind die constanten Fehler überhaupt nicht weit von 1 entfernt, etwas grösser bei Anwendung der grösseren *A*-Distanz. Uebrigens zeigt der β Fehler bei *A*-Distanz $= 8$ eine Verkehrtheit, da derselbe der Definition nach kleiner als 1 sein muss, denn er wirkt nothwendig verkleinernd auf den Aequivalenzwerth. Es ist aus den Tabellen ersichtlich, dass die Beobachter III und IV diese Verkehrtheit verschuldet haben, welche bei späteren Versuchen nicht zu finden ist.

Es ist noch übrig, über die Grösse der mittleren Abweichung in den einzelnen Versuchstabellen zu sprechen. Dieselbe wurde folgendermaassen berechnet: z. B. in Tabelle I $\wedge$ Fall, Beobachter I ist die mittlere *B*-Distanz 2,75. Die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von diesem Mittelwerth, ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen addirt, geben die Summe 4,25; $\frac{4{,}25}{15} = 0{,}283$ ist die mittlere Abweichung. Ich gebe, um mich nicht allzu sehr in Einzelheiten zu verlieren, die mittlere Abweichung für Tabelle I und II zusammen und hinwiederum für Tabelle III und IV zusammen und zwar für alle Beobachter, sowohl für $\wedge$ Fall und $\vee$ Fall, und erhalte folgende Resultate:

Die mittlere *B*-Distanz für Tabelle I und II ist 2,392 und 5,57, die mittlere Abweichung 0,290 und 0,456. Die mittlere *B*-Distanz für Tabelle III und IV ist 4,037 und 7,077, die mittlere Abweichung ist 0,347 und 0,369. Die mittleren *B*-Distanzen durchweg $= 100$ gesetzt, sind die mittleren Abweichungen in obiger Reihenfolge $= 12{,}2 = 8{,}2 = 8{,}6 = 5{,}2$ zu setzen, die Werthe nehmen stark ab mit zunehmenden *B*-Distanzen [1]).

Es ist ferner von Interesse, das Verhalten der einzelnen Beobachter in dieser Beziehung kennen zu lernen, Die mittleren *B*-Distanzen, berechnet aus allen Tabellen und allen Fällen, sind für Beobachter I 4,86, für Beobachter II 4,85, für Beobachter III 4,63, für Beobachter IV 4,72, sie weichen also nur sehr wenig von einander ab.

1) Ich hätte erwartet, dass die auf die Stirne aufgesetzten *B*-Distanzen (Tabelle III und IV) mit besonders starken mittleren Abweichungen behaftet seien, wovon aber das Gegentheil eintrat.

Die entsprechenden mittleren Abweichungen sind 0,397; 0,387; 0,347; 0,330. Setzt man die mittleren *B*-Distanzen = 100, so sind die mittleren Abweichungen 8,2; 8,0; 7,5; 7,0; also entschieden günstiger bei den jüngeren Beobachtern III und IV.

Es ist endlich von Interesse, den Einfluss der Uebung kennen zu lernen. Auch hierzu können die mittleren Abweichungen dienen, indem man solche gesondert von den 5 ersten Versuchsreihen aller Tabellen, von den 5 mittleren und von den 5 letzten Versuchsreihen berechnet. Die mittleren Abweichungen betrugen: für die erste Uebungsperiode 0,407, für die zweite Uebungsperiode 0,355, für die dritte 0,330. Die mittleren *B*-Distanzen für die einzelnen Uebungsperioden sind nicht bekannt, vielmehr bezieht sich die mittlere Abweichung auf die mittlere *B*-Distanz aller 15 Versuchsreihen, d. h. aller 3 Uebungsperioden. Ich habe aber auch für die 4 Perioden, welche den 4 Abtheilungen der Tabellen entsprechen, sowohl die mittleren *B*-Distanzen, als auch die mittleren Abweichungen von denselben berechnet wie folgt:

	1. Per.	2. Per.	3. Per.	4. Per.
Mittlere *B*-Distanz	4,66	4,76	4,92	4,83
„ Abweichung	0,330	0,309	0,291	0,243

setzt man die mittleren *B*-Distanzen = 100, so werden die mittleren Abweichungen: 7,1; 6,5; 5,9; 5,0.

Geht schon aus der ersten Berechnung mit 3 Uebungsperioden, so noch viel deutlicher aus der zweiten Berechnung mit 4 Uebungsperioden hervor, dass die mittleren Abweichungen mit zunehmender Uebung abnehmen, d. h. die Sicherheit im Urtheil wächst. — Auch hier zeigt sich, dass die Abnahme der mittleren Abweichung mit einer kleinen Zunahme der mittleren *B*-Distanz verknüpft ist. Der Einfluss der Uebung kann auch dadurch geprüft werden, dass man die Aequivalenzverhältnisse für jede der 4 Uebungsperioden gesondert berechnet. Ich erhalte:

	für *A*-Dist. = 4 Lin.	für *A*-Dist. = 8 Lin.
1. Periode	1,6104	1,4244
2. „	1,8256	1,3734
3. „	1,6405	1,3017
4. „	1,5976	1,3004

Für A-Distanz = 4 Linien ist ein Uebungseinfluss nicht zu erkennen, wohl aber für A-Distanz = 8 Linien, indem sich die Aequivalenzverhältnisse der Einheit mit zunehmender Uebung nähern, was darauf hinweist, dass die Stirne gegen Ende der Versuche feiner getastet hat als im Beginn (oder die Lippe gegen Ende der Versuche schlechter als beim Beginn, was aber nach Lage der Dinge wohl kaum anzunehmen ist).

Das wichtigste Resultat der Untersuchung ist, wovon schon mehrmals die Rede war, dass bei einer A-Distanz = 4 Linien das Aequivalenzverhältniss 1,6711, bei einer A-Distanz = 8 Linien dasselbe = 1,3586 gefunden wurde.

Es ist noch zu bemerken, dass Weber für die Stirne den Werth 10 Linien als nach EM gefunden angibt. Für Berührung mit scharfen Zirkelspitzen ist dies entschieden zu wenig, meine kleine A-Distanz = 4 Linien ist aber an der Stirne in der That kaum als solche zu empfinden, sondern macht eher den Eindruck des Breiten; gut als Distanz zu empfinden ist A-Distanz = 8 Linien. Ich nahm die Distanzen auf der Stirne so klein mit Rücksicht auf die Lippe, auf welcher grosse Distanzen wegen ihrer Krümmung nicht gut aufgesetzt werden können und aus Furcht, bei Benützung zu grosser Distanzen auf Hautgebiete von verschiedener Empfindlichkeit überzugreifen.

Zweite Untersuchung.

Die folgende Untersuchung bezieht sich auf Stirne und Handgelenk, sie ist fast ganz wie die eben beschriebene ausgeführt, nur kam G^1-Verfahren zur Verwendung [1]) und fehlerhafter Weise ist die erste Tabelle in der Zeit vom 4. August bis 15. August 1884 bearbeitet, und nur die drei anderen gleichzeitig in der Zeit vom 30. August bis 13. September 1884, weshalb die erste mit den drei anderen nicht vollkommen vergleichbar ist. Im Uebrigen wurden aber alle oben beschriebenen Vorsichtsmaassregeln beobachtet.

1) Dies hat hier weniger auf sich, weil das Aequivalenzverhältnis von Stirne und Handgelenk sehr nahe = 1 ist, also die B-Distanzen fast genau so gross sind, wie die A-Distanzen. Immerhin wäre es auch hier vorsichtiger gewesen, nach G^2-Verfahren zu arbeiten, allein es schien anfangs nicht so viel darauf anzukommen.

Die Distanzen wurden wie gewöhnlich quer zur Längsachse und in der Mitte aufgesetzt auf der Volarseite des Handgelenkes. — In den folgenden Tabellen sind die B-Distanzen als Mittel aller Versuchscombinationen gegeben; auf jeden Beobachter kommen im Ganzen, wie oben, 30 Versuche in jeder Tabelle, auf alle 4 Beobachter demnach 120 Versuche, entsprechend sind die B-Distanzen, die arithmetischen Mittel aus 30, resp 120 Versuchen (desgleichen bei allen folgenden Tabellen Aequivalenzversuche betreffend).

	A-Distanz = 4 Linien					A-Distanz = 8 Linien				
	Beobachter				Mittel aller Beobachter	Beobachter				Mittel aller Beobachter
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
Tabelle I A-Distanz auf Stirne zuerst . . .	3,80	4,30	4,19	4,45	4,185	8,27	9,10	8,11	8,22	8,425
Tabelle II A-Distanz auf Stirne zuletzt . . .	3,63	3,90	3,96	4,03	3,880	8,49	8,14	7,60	8,18	8,1025
Tabelle III A-Distanz auf Gelenk zuerst . . .	4,42	4,05	4,19	4,02	4,170	7,54	7,80	8,20	7,82	7,840
Tabelle IV A-Distanz auf Gelenk zuletzt . . .	4.41	4,12	4,03	4,06	4,155	7,61	7,75	8,13	8,14	7,9075

Daher kommen die Gleichungen:

$$x = \sqrt{\frac{4,170}{4,185}} = \sqrt{\frac{4,155}{3,880}} = 0,9982 = 1,0348; \text{ im Mittel } 1,0165$$

$$x' = \sqrt{\frac{7,840}{8,425}} = \sqrt{\frac{7,9075}{8,1025}} = 0,9647 = 0,9879; \text{ im Mittel } 0,9763.$$

Der Unterschied zwischen dem mittlern x und x' ist hier nicht erheblich grösser als der Unterschied zwischen den beiden Werthen von x und ist daher vielleicht nur unausgeglichenen Zufälligkeiten zuzuschreiben. Auch auf dem Handgelenk ist die Distanz 4 Linien nicht recht deutlich als solche fühlbar und daher für Ae eigentlich zu klein.

Es hatte einiges Interesse, auch bei dieser Untersuchung den β Fehler zu ermitteln, weil bei der vorigen Untersuchung hier eine Verkehrtheit stattfand und kann dies ebenfalls auf abgekürzte Weise geschehen[1]). Berechnete ich nämlich aus Tabelle I, Mittel sämmt-

1) Das in den mitgetheilten Tabellen enthaltene Material gestattet allerdings nicht constante Fehler zu berechnen, sondern ich benützte dazu meine Originaltabellen.

licher $\wedge$ Fälle und Tabelle III. Mittel sämmtlicher $\vee$ Fälle; desgleichen aus Tabelle II und $\wedge$ Fällen, Tabelle IV und $\vee$ Fällen Aequivalenzwerthe, so sind diese noch mit dem constanten Fehler β behaftet. Es ist z. B. Tabelle I Mittel der $\wedge$ Fälle $= 4{,}175$, Tabelle III Mittel der $\vee$ Fälle $4{,}149$, daher die Gleichung $\beta \cdot x = \sqrt{\frac{4}{4{,}175} \cdot \frac{4{,}149}{4}} = 0{,}9969$. Mit $\frac{1}{\beta}$ sind die Aequivalenzwerthe behaftet, wenn man aus Tabelle I $\vee$ und Tabelle III $\wedge$, oder aus Tabelle II $\vee$ und Tabelle IV $\wedge$ Aequivalenzwerthe berechnet, worüber das oben gegebene Verzeichniss der Factoren und Fehlercombinationen nachzusehen ist.

Man erhält also aus A-Distanz $= 4$ Linien 2 mit dem Factor β behaftete Aequivalenzwerthe; daher

$$\left.\begin{array}{l} \beta\ x = 0{,}9969 = 1{,}0390 \text{ im Mittel } 1{,}0179 \text{ und ebenso} \\ \beta\ x' = 0{,}9716 = 0{,}9972 \quad \text{„} \quad \text{„} \quad 0{,}9844 \end{array}\right\} \quad (1$$

ferner

$$\left.\begin{array}{l} \frac{1}{\beta}\ x = 0{,}9994 \text{ und } 1{,}0393 \text{ im Mittel } 1{,}0193 \\ \frac{1}{\beta}\ x' = 0{,}9584 \text{ und } 0{,}9785 \quad \text{„} \quad \text{„} \quad 0{,}9684 \end{array}\right\} \quad (2$$

Durch Division der Gleichungen unter 1 mit denen unter 2 erhält man $\beta = 0{,}9993 = 1{,}0082$ im Mittel $= 1{,}0037$, diesmal also sogar grösser als 1. Auch den ξ Fehler habe ich in ähnlicher Weise berechnet, jedoch nur aus Tabelle III und IV. Ich erhielt 2 Werthe (aus den bei A-Distanz $= 4$ und $= 8$ Linien erhaltenen Aequivalenzverhältnissen) $\xi = 1{,}0012 = 0{,}9958$, im Mittel $= 0{,}9985$.

Dritte Untersuchung.

Es kamen zur Verwendung die Oberlippe, an demselben Ort wie früher angegeben, und das Nagelglied des rechten Mittelfingers, Volarseite. Die Distanz wurde quer zur Längsachse des Gliedes aufgesetzt und war 1—2 Linien vom Nagel entfernt. Es kamen nicht weniger als 6 A-Distanzen zur Verwendung, die kleinste $= 0{,}5$ Linien ist aus dem bei den kleinsten Distanzen der früheren Untersuchungen angeführten Grunde eigentlich für Ae ungeeignet.

Die Versuche erstrecken sich über den langen Zeitraum vom

16. März 1885 bis 2. Juli 1885, zum Theil wegen der Grösse der Arbeit, zum Theil deshalb, weil ich selbst in dieser Zeit mehrere Wochen an acutem Gelenkrheumatismus krank lag. Einen Einfluss auf das Resultat der Versuche derart, dass die den einzelnen A-Distanzen zugehörigen Aequivalenzwerthe nicht recht unter sich vergleichbar wären, konnte diese Störung nach der vorsichtigen Einrichtung der Versuche nicht haben und habe ich dies zum Ueberfluss durch Fractionirung des Versuchsmaterials, in Versuche vor und nach der Krankheit, nachgewiesen. Abgesehen davon, dass auch hier das einfachere G^1-Verfahren zur Verwendung kam (was zur Noth zulässig war) und dass nur die Tabellen I und III bearbeitet wurden, II und IV aber wegblieben, war das Verfahren analog wie bei der ersten Untersuchung, jedoch verzichte ich der Kürze halber auf eine nähere Darstellung desselben und will nur noch hervorheben, dass zwar bei der ersten und zweiten Untersuchung 2 Werthe für x und x', nämlich je einer aus Combination von Tabelle I und III und Tabelle II und IV erhalten wurde und der definitive Werth das Mittel von den 2 Werthen war, hier aber nur der einzige aus Tabelle I und III erhaltene Werth von x und x' zu Gebot steht, welcher demnach auf halb so viel Versuchen beruht, wie der x und x' Werth der beiden ersten Untersuchungen.

	Tabelle I A-Distanz auf Finger zuerst aufgesetzt					Tabelle III A-Distanz auf Lippe zuerst aufgesetzt				
	Beobachter				Mittel aller Beobachter	Beobachter				Mittel aller Beobachter
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
A-Dist. = 0,5 Lin.	0,587	0,557	0,562	0,547	0,563	0,602	0,661	0,628	0,596	0,622
A-Dist. = 1 Lin.	0,979	0,982	0,943	0,960	0,966	1,082	1,087	1,118	1,065	1,075
A-Dist. = 1,5 Lin.	1,585	1,524	1,452	1,438	1,500	1,611	1,652	1,745	1,532	1,635
A-Dist. = 2 Lin.	2,024	2,007	1,904	1,893	1,957	2,137	2,055	2,104	2,061	2,089
A-Dist. = 2,5 Lin.	2,505	2,437	2,352	2,392	2,421	2,601	2,499	2,631	2,516	2,562
A-Dist. = 3 Lin.	2,915	2,879	2,738	2,796	2,832	2,989	2,989	3,018	2,894	2,972

Ich habe die Aequivalenzverhältnisse diesmal, um auch hiervon ein Beispiel zu geben, auf zweierlei Weise berechnet, nämlich 1. für jeden Beobachter besonders, z. B. für A-Distanz = 0,5 Linien nach den Gleichungen:

$$x = \sqrt{\frac{0,602}{0,587}} = \sqrt{\frac{0,661}{0,557}} = \sqrt{\frac{0,628}{0,562}} = \sqrt{\frac{0,596}{0,547}}$$

und aus diesen 4 Werthen das Mittel genommen; 2. aus dem Mittel aller Beobachter, also nach der Gleichung $x = \sqrt{\frac{0,622}{0,563}}$. Die Werthe unterscheiden sich, wie man sieht, kaum.

Mittlere Aequivalenzverhältnisse

	nach 1.	nach 2.
für A-Distanz = 0,5 Lin.	1,0508	1,0507
„ „ = 1,0 „	1,0551	1,0551
„ „ = 1,5 „	1,0445	1,0441
„ „ = 2,0 „	1,0335	1,0332
„ „ = 2,5 „	1,0288	1,0285
„ „ = 3,0 „	1,0246	1,0245

Vierte Untersuchung.

In ganz ähnlicher Weise, wie eben beschrieben, wurden Versuche zwischen Handteller und Stirne angestellt; die Distanz stand auf dem Handteller der rechten Hand quer zur Längsachse und möglichst in der Mitte. Versuchszeit 24. März bis 1. August 1885.

	Tabelle I A-Distanz auf Handteller zuerst aufgesetzt					Tabelle III A-Distanz auf Stirne zuerst aufgesetzt				
	Beobachter				Mittel aller Beobachter	Beobachter				Mittel aller Beobachter
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
A-Dist. = 4 Lin.	4,00	4,03	3,88	3,87	3,945	3,24	8,86	3,88	3,75	3,6825
„ = 8 „	7,83	7,84	7,71	7,66	7,760	8,50	8,92	8,21	8,18	8,452
„ = 12 „	10,79	10,01	10,89	10,79	10,620	12,01	12,45	11,52	11,13	11,775
„ = 16 „	14,83	13,56	14,07	14,41	14,092	15,43	15,93	14,63	14,01	15,000
„ = 20 „	17,96	17,63	17,72	18,00	17,827	19,43	18,82	18,10	17,33	18,420
„ = 24 „	21,13	20,79	20,76	20,73	20,852	23,54	22,46	21,42	21,43	22,462

Die mittleren Aequivalenzwerthe Handteller : Stirn sind:

A-Distanz = 4 Linien:	0,972
„ = 8 „	1,043
„ = 12 „	1,048
„ = 16 „	1,037
„ = 20 „	1,016
„ = 24 „	1,032

Fünfte Untersuchung.

In der Zeit vom 12. Januar 1886 bis 22. Februar 1886 wurde die vierte Untersuchung wiederholt, jedoch kamen nur die 5 Distanzen von 8 bis 12 Linien zur Verwendung. Besonderer Umstände halber kann ich nur die Mittelwerthe aller Beobachter, nicht die Werthe der einzelnen Beobachter angeben.

	Tabelle I *A*-Distanz auf Handteller zuerst aufgesetzt Mittel aller Beob.	Tabelle III *A*-Distanz auf Stirne zuerst aufgesetzt Mittel aller Beob.	Aequivalenzwerthe
A-Distanz = 8 Lin.	8,06	7,78	0,9825
„ = 12 „	11,43	11,35	0,9965
„ = 16 „	15,50	15,12	0,9893
„ = 20 „	19,42	18,85	0,9852
„ = 24 „	22,08	22,16	1,0032

Endlich gebe ich noch eine Uebersichtstabelle aller bisher erhaltenen Aequivalenzwerthe wie folgt:

A-Distanzen	1. Untersuchung $\frac{St}{L}$	2. Untersuchung $\frac{St}{Hg}$	4. Untersuchung $\frac{Vol}{St}$	5. Untersuchung $\frac{Vol}{St}$	Mittel aus 4. und 5. Unters. $\frac{V}{St}$	*A*-Distanz	3. Untersuchung $\frac{F}{L}$
4 Lin.	1,668	1,0165	0,972	—	—	0,5	1,051
8 „	1,353	0,9763	1,043	0,982	1,012	1,0	1,055
12 „			1,048	0,996	1,022	1,5	1,044
16 „			1,037	0,989	1,013	2,0	1,033
20 „			1,016	0,985	1,000	2,5	1,028
24 „			1,032	1,003	1,017	3,0	1,025

Man ersieht aus der Uebersichtstabelle sofort 1. dass sich die Aequivalenzverhältnisse mit grösser werdenden *A*-Distanzen der Einheit nähern, 2. dass sie sich von der Einheit überhaupt nicht sehr weit entfernen. — Bei einer eingehenderen Würdigung der Versuche hat man sich zu erinnern, dass bei der ersten und zweiten Untersuchung, sowie bei dem Mittel aus der vierten und fünften Untersuchung die Aequivalenzverhältnisse je aus 480 Versuchen, sonst nur aus 240 Versuchen berechnet sind, dass die zweite Untersuchung mit einem kleinen Fehler bei der Ausführung behaftet ist und dass die *A*-Distanzen = 4 Linien und 0,5 Linien für *Ae* eigentlich

zu klein sind, daher besser bei Berechnungen weggelassen werden; womit freilich die erste und zweite Untersuchung für diese Rechnungen unbrauchbar werden, und nur die, geringere Sicherheit bietenden, dritte bis fünfte übrig bleiben.

Der Umstand, dass die Aequivalenzwerthe überhaupt der Einheit sehr nahe stehen, macht möglich, dass man mit Versuchsreihen, welche unter verschiedenen Umständen angestellt sind, geradezu zu entgegengesetzten Resultaten mit denselben Körperstellen kommt; so bei der zweiten Untersuchung, ferner war bei der vierten Untersuchung die Stirn im Vortheil gegenüber dem Handteller, bei der fünften Untersuchung hat sich dies umgekehrt. Auf Grund der bisherigen Erfahrungen (nach *Ri* und *Ae*) nahm man an, dass Vola besser taste als Stirn (was mit dem Ergebniss der fünften Untersuchung stimmen würde), und dass Fingerspitze besser taste als Lippe, was mit der dritten Untersuchung nicht stimmt. Möglicherweise wäre aber bei einer Wiederholung der dritten Untersuchung der Finger im Vortheil. — Eine gewisse Analogie hierzu haben die Versuche Fechner's geliefert: Grabau erhielt (bei einer *A*-Distanz = 14,4 meiner Linien) als Aequivalenzverhältniss zwischen Kinn und Oberlippe 1,083; Koch aber bei derselben *A*-Distanz 1,312 und man hätte einen so starken Unterschied zwischen zwei Beobachtern sicher nicht erwartet. Es scheint demnach, dass die Grösse des Aequivalenzverhältnisses von äusseren Umständen in hohem Maasse abhängig ist, ein Verhalten, welches gegen die Brauchbarkeit der Methode zu sprechen scheint. Wenn dieselbe schon bei der Frage im Stich lässt, ob der eine oder der andere der in Betracht kommenden Hauttheile besser tastet, um wie viel weniger wird sie geeignet sein, ein exactes Maass für die Feinheit des Raumsinnes zu liefern!

Indessen wäre es weit gefehlt, nun die Aequivalenzmethode ganz zu verwerfen, denn es ist mir trotz der nicht ganz genügenden Beschaffenheit des vorliegenden Versuchsmateriales doch gelungen, wichtige und interessante Aufschlüsse über dieselbe durch Rechnung zu erhalten. Leider konnte gerade diese Arbeit in der Hauptsache nicht mehr durch den Meister auf unserem Gebiete, Fechner selbst, ausgeführt werden und gelingt es einem besseren Rechner,

als ich bin, ohne Zweifel, zu noch schärferen Rechnungsresultaten zu gelangen und vielleicht dieselben zu weiteren Schlüssen zu verwerthen. Wie weit Fechner noch mitgewirkt hat, wird aus der Darstellung selbst, wie früher bemerkt, hervorgehen. — Wir dachten zunächst, eine theilweise Erklärung der beobachteten Thatsachen möchte darin gefunden werden, dass man mit den grossen, bei der Methode anzuwendenden Distanzen doch auf Gebiete von verschiedener Empfindlichkeit übergegriffen habe. In der That, wenn nachzuweisen wäre, dass die Vola auf dem ganzen in Betracht kommenden Gebiete gleich gut tastet, die Empfindlichkeit der Stirne aber von der Mitte nach den Seiten hin abnimmt, liesse sich (von A-Distanz = 4 Linien abgesehen) der Gang der Aequivalenzverhältnisse bei der vierten Untersuchung erklären. Aber das Ergebniss der fünften Untersuchung würde gegen diese Erklärung streiten, indem hier die Aequivalenzverhältnisse mit zunehmenden Distanzen vielmehr wachsen als abnehmen. Auch wäre es sehr sonderbar, wenn bei allen übrigen in Untersuchung genommenen Körperstellen die Aenderung der Empfindlichkeit von der Mitte gegen die Seiten hin gerade so eingewirkt hätte, dass sich die Aequivalenzverhältnisse mit wachsenden A-Distanzen der Einheit nähern. Man wird also mit dieser Annahme nicht weit kommen und überdies haben Versuche über die Empfindlichkeit centraler und seitlicher Hautstellen kein Resultat geliefert, welches dieselbe unterstützen könnte, wie später mitgetheilt werden soll.

Mehr erwarteten wir von Anfang an davon: Die seinerzeit bei *Ri* (in Anwendung der Methode auf den Tastsinn) erhaltenen Resultate waren nur dann durch Rechnung zu repräsentiren, wenn man die Distanzen mit einem Zusatz behaftet dachte, welcher bei Vergrösserung der Distanzen auf das n-fache unverändert bleibt. Man kann dem eine physische Vorstellung unterlegen, wenn man der damals von G. E. Müller aufgestellten Irradiationshypothese beistimmt. Indem nämlich der Eindruck, welchen die Zirkelspitze auf die Haut macht, nicht punktförmig sei, sondern durch Irradiation zu einer kleinen, kreisförmigen Fläche vergrössert werde, erleiden auch die Distanzen eine gewisse Vergrösserung, welche auf die Empfindung Einfluss haben werde. In Rücksicht darauf müssen

die Distanzen um einen von der Distanzgrösse unabhängigen und von der Hautbeschaffenheit des jeweils untersuchten Körpertheiles abhängigen Zusatz vermehrt werden und es sei einleuchtend, dass eine Rechnung mit den Distanzen allein geführt, keine richtigen Resultate geben könne.

Diese Irradiationshypothese ist um so weniger von der Hand zu weisen, als sie sich etwas modificirt mit den Ergebnissen der oben angeführten neuen Versuche (von Goldscheider und Blix) wohl verträgt, aber es ist nothwendig, sie zu verallgemeinern; denn zweifellos gibt es ausser der Irradiation noch allerlei Momente, welche auf die Empfindung Einfluss haben. Dies wurde schon oben, bei Besprechung der constanten Fehler, ohne Weiteres angenommen, ich kann aber als durchschlagenden Beweis folgende Erfahrung anführen: Meine Geschmacksversuche nach *Ri*, bei welchen von Irradiation keine Rede sein kann, haben ebenso wie die Tastversuche nothwendig gemacht, einen constanten Zuwachs zu dem wirklich applicirten Sinnesreiz zu addiren, damit die Rechnung mit der Erfahrung stimmte.

Um die Zuwachshypothese (welche die Irradiation in sich begreift) für die Rechnung zu verwerthen, geht man auf die ursprüngliche Aequivalenzgleichung zurück: $x^2 = \frac{Sta}{L} \cdot \frac{St}{La}$, wobei bekanntlich Sta und La A-Distanzen, L und St B-Distanzen, Sta und St auf der Stirn, L und La auf der Lippe aufgesetzt sind. Die Zuwachshypothese gibt nun zu folgender Gleichung Veranlassung:

$$X^2 = \frac{Sta' + \alpha}{L + \beta} \cdot \frac{St + \alpha'}{La + \beta'} \qquad (1$$

und hat man mit einer grösseren Anzahl Distanzen Versuche gemacht, so erhält man eine entsprechende Anzahl Gleichungen, als

$$X'^2 = \frac{Sta' + \alpha}{L' + \beta} \cdot \frac{St' + \alpha'}{La' + \beta} \text{ und so fort.} \qquad (2$$

Man wird nun, nach Lage der Sache, als Wirkung der Zuwachshypothese erwarten, dass $X = X' = X'' \cdots = X^n$ und es könnten, wenn diese Erwartung zutrifft, die 5 Unbekannten $X, \alpha, \beta, \alpha', \beta'$ aus 5 Gleichungen 1. bis 5. berechnet werden, jedoch wäre die Berechnung bei der Natur der Gleichungen schwierig auszuführen. Ohne

Rechnung ist aber, nach Fechner, aus den Gleichungen Folgendes zu sehen: 1. α, β, α', β' können nicht negativ werden, denn sonst könnte (z. B. bei kleinem *Sta* und negativem α) der Fall eintreten, dass der Zähler des Bruches, welchem X^2 gleich ist, negativ würde, oder könnte der Nenner negativ werden, kurz X unmögliche Werthe annehmen. 2. Werden die Distanzen sehr gross oder sehr klein, so wird X^2 merklich $= \frac{Sta}{L} \cdot \frac{St}{La} = x^2$, oder $= \frac{\alpha \cdot \alpha'}{\beta \cdot \beta'}$, welch letzteres noch besonders bewirkt, dass $\frac{\alpha \cdot \alpha'}{\beta \cdot \beta'} = 1$ zu setzen wäre, wenn X etwa $= 1$ werden sollte; also auch $\alpha \cdot \alpha' = \beta \cdot \beta'$. Dies ist ein Widerspruch: X wird, wie wir sehen werden, in der That $= 1$, ohne dass man deshalb $\alpha \cdot \alpha' = \beta \cdot \beta'$ setzen dürfte.

Gegen diese formell unbestreitbaren Folgerungen aus den Gleichungen lässt sich meines Erachtens der sachlich begründete Einwand erheben, dass bei unserer Methode die Distanzen unter eine gewisse Grösse gar nicht sinken können. Dies war bei *Ri* anders, hier konnte man eine Distanz $= 0$ wohl in Rechnung nehmen und damit sogar arbeiten; bei *Ae* aber handelt es sich um Schätzung von Distanzgrössen und die Momente, welche darauf Einfluss haben. Wird keine Distanz mehr empfunden, so kann man ihre Grösse nicht mehr schätzen und die durch α, α', β, β' repräsentirten Einflüsse treten zum Theil gar nicht mehr, zum Theil in ganz anderer Weise auf, so zerfliessen z. B. die beiden Irradiationsflächen der Zirkelspitzen in eine, wenn die Distanzen minimal sind, und X kann wohl unmögliche Werthe annehmen, angewandt auf den Fall, dass der Versuch überhaupt unmöglich ist. Also scheint mir, dass α, α', β, β' allerdings negativ werden können, wogegen ausser obigen formellen Gründen bei Annahme der Zuwachshypothese nichts spricht, und nur eben kleiner sein müssen als die kleinsten möglichen Distanzen. Auch positive α und β werden eine gewisse Grösse nicht überschreiten dürfen und man würde die Zuwachshypothese für gescheitert ansehen müssen, wenn z. B. bei einem kleinsten zulässigen $Sta = 6$, α und β zwischen 20 und 30 gefunden würden. Diese Zusätze müssen nach Lage der Dinge immer klein im Verhältniss auch zu den kleinsten der in Betracht kommenden Distanzen sein.

Um die Berechnung der Unbekannten X, α etc. zu erleichtern, hat Fechner folgenden Ausweg vorgeschlagen: Wenn die Zuwachshypothese das Verlangte leiste, nämlich einen constanten, von der Distanzgrösse unabhängigen Werth von X finden lasse, müssen sich auch constante Werthe ergeben, wenn man aus den einzelnen Tabellen einseitige Gleichungen construire, so z. B. aus Tabelle I und III:

aus Tabelle I		aus Tabelle III	
$\frac{Sta + \alpha}{L + \beta} = C$	(1	$\frac{St + \alpha'}{La + \beta'} = C'$	(1
$\frac{Sta' + \alpha}{L' + \beta} = C$	(2	$\frac{St' + \alpha'}{La' + \beta'} = C'$	(2
etc.		etc.	

aus welchen sich C und C' leicht berechnen lassen, nämlich $C = \frac{Sta - Sta'}{L - L'}$; $C' = \frac{St - St'}{La - La'}$. Die vier anderen Unbekannten aber lassen sich aus diesen Gleichungen nicht berechnen, so viele ihrer auch zu Gebot stünden, was mit der besonderen Form derselben zusammenhängt. Denn werden z. B. die Gleichungen der Tabelle I entwickelt wie folgt: 1. $Sta + \alpha = C \cdot L + C\beta$ etc. und die erste von der zweiten abgezogen, so fällt α und β gleichzeitig weg. Nur dann, wann $\alpha = \alpha'$ und $\beta = \beta'$ wäre, könnte man α und β berechnen, indem man Gleichung 1 von Tabelle I und Gleichung 1 von Tabelle III combiniren würde, was nach Berechnung von C und C' zum Ziele führen würde. Ich habe diese Berechnung bei Untersuchung 3 ausgeführt, wo je 5 Gleichungen zu Gebot stehen (wenn man von der kleinsten A-Distanz $= 0{,}5$ absieht), erhielt aber für α und β unmögliche negative Werthe.

Fechner hat bei seinem Vorschlag Gleichheit von α und α', β und β' angenommen, ohne dass aber die Frage zwischen uns erörtert worden wäre, da man damals keinen Grund hatte, näher darauf einzugehen. Die Sache kommt darauf hinaus, ob die Zuwüchse wie von der Grösse der gebrauchten Distanz, so auch von der verschiedenen Raum- und Zeitlage unabhängig zu denken sind oder nicht. Ersteres anzunehmen ist zweifellos Sache der Irradiationshypothese, letzteres ebenso zweifellos Sache der Zuwachshypothese, denn die Einflüsse der Raum- und Zeitlage, welche sich

zu Sta gesellen, sind andere, als die, welche St verändern. Nun erregte mir aber Bedenken, warum unter diesen Umständen C und C' verschieden sind, was sich durchaus bei der Rechnung ergibt. Wenn nämlich X, was der einfachste Fall wäre, an allen Körperstellen $= 1$, so hat man sich die Vorgänge beim Aequivalenzversuch folgendermaassen zu denken: Nachdem Sta auf die Stirne aufgesetzt wurde und dabei Irradiations- und ähnliche Einflüsse ins Spiel gekommen sind, vergeht eine kleine Zeit (während welcher die Stirne nicht mehr berührt ist) bis L aufgesetzt ist und nun wird $L + \beta$ mit dem Erinnerungsbilde, welches zu $Sta + \alpha$ geworden ist, verglichen. Das Urtheil „gleich gross" erfolgt, wenn $L + \beta = Sta + \alpha$. Daraus schien mir nun mit Nothwendigkeit hervorzugehen, dass wenn $X = 1$, so auch $C = C' = 1$. Wäre aber X nicht gleich 1, sondern gleich einer beliebigen Constanten, so wäre nach analogen Schlüssen wieder $X = C = C'$.

Schliesslich bin ich aber doch darauf gekommen, dass C und C' nothwendig verschieden und nicht $= X$ sein müssen. Allerdings muss der Nenner und Zähler des Aequivalenzbruches, wenn $X = 1$, für das Bewusstsein des Beobachters „gleich gross" geworden sein, damit das Urtheil „gleich gross" erfolge, aber beide brauchen nicht g a n z g e n a u gleich gross geworden zu sein. Die U n t e r s c h i e d s - s c h w e l l e wird sich in unserem Fall dadurch geltend machen, dass eine Abweichung zwischen Zähler und Nenner, kleiner als dieselbe, nicht mehr erkannt wird. Nun wird sich C, nach Lage der Sache, der oberen oder unteren Grenze der Unterschiedsschwelle nähern, C' aber der umgekehrten Grenze und der Fall, dass beide in der Mitte zusammenkommen, ist, wenn nicht unmöglich, jedenfalls eine Ausnahme. Die Grösse der Unterschiedsschwelle ist vielleicht, wie α und β, abhängig von den in Betracht kommenden Körperstellen und daher eine Beziehung zwischen beiden möglich, ohne dass ich jedoch anzugeben wüsste, wie diese aus den Aequivalenzversuchen hergestellt werden könnte. Wohl ist es aber möglich, die Grösse der Unterschiedsschwelle durch besonders dazu angestellte Versuche zu messen.

Da mein Versuchsmaterial klein ist, da die Empfindlichkeit zwischen den centralen und seitlichen Partien immerhin nicht ganz gleich gewesen sein mag, da auch die Hautflächen nicht absolut

eben sind und daher kleine Abweichungen der wirklichen Abstände der berührten Hautpunkte von den Zirkeldistanzen möglich sind, wird man auf starke Abweichungen der Einzelbestimmungen von C und C' (deren 4 möglich sind wenn die kleinste Distanz aus dem Spiel bleibt) gefasst sein müssen und nur verlangen können, dass der Gang der Schwankungen kein regelmässiger sei. Ich nenne erste Bestimmungsgleichung diejenige mit A-Distanz $= 8$, resp. 1 Linie und finde nun:

	3. Untersuchung $\frac{F}{L}$		4. Untersuchung $\frac{V}{St}$		5. Untersuchung $\frac{V}{St}$		Aus mittleren Distanzen der 4. u. 5. Unters.	
	C	C'	C	C'	C	C'	C	C'
Aus 1. u. 2. Gleichung	0,936	1,120	1,399	0,831	1,187	0,892	1,284	0,861
„ 2. u. 3. „	1,094	0,908	1,450	0,806	0,983	0,942	1,061	0,874
„ 3. u. 4. „	1,078	0,946	1,071	0,855	1,020	0,932	1,045	0,890
„ 4. u. 5. „	1,216	0,820	1,322	1,010	1,504	0,827	1,407	0,919

Um mittlere C und C' zu berechnen, habe ich mich der früher schon von Fechner angegebenen Summationsmethode bedient. Addirt man nämlich die 1. und 2. Gleichung und ebenso die 4. und 5., so erhält man zwei neue Gleichungen und aus diesen einen einzigen Werth für C (resp. C'); desgleichen konnte ich C berechnen durch Combination der 1., 2., 3., 4. und 2., 3., 4., 5. Gleichung. Ich erhielt:

	3. Untersuchung		4. Untersuchung		5. Untersuchung		Mittel aus der 4. u 5. Untersuchung	
	C	C'	C	C'	C	C'	C	C'
aus 1., 2., 4., 5. Gleichg.	1,076	0,941	1,182	0,861	1,090	0,913	1,134	0,885
„ 1., 2., 3., 4. „	1,046	0,970	1,182	0,824	1,098	0,909	1,105	0,876
„ 2., 3., 4., 5. „	1,113	0,905	1,146	0,881	1,037	0,929	1,122	0,895
geometr. Mittel aller 3 Werthe	1,078	0,938	1,170	0,855	1,075	0,917	1,120	0,885

Ich habe auch die C-Werthe der 1. und 2. Untersuchung berechnet und finde:

	C aus Tab. I	C' aus Tab. II	C'' aus Tab. III	C''' aus Tab. IV
1. Untersuchung	1,324	0,953	1,198	0,990
2. Untersuchung	0,943	0,917	0,947	0,938

Es ist schon mehrmals bemerkt, dass diese Werthe unzuverlässig sind, weil bei ihrer Berechnung die kleinen A-Distanzen 4 Linien mit benützt werden mussten.

Der Werth von X findet sich als $\sqrt{C \cdot C'}$ wie folgt:

	1. Untersuchung	2. Untersuchung	3. Untersuchung	4. Untersuchung	5. Untersuchung	Mittel aus 4. u. 5. Untersuchung
X =	1,106	0,936	1,006	1,0002	0,9927	0,9959

Also ist X merklich $= 1$ und es ist sogar der X-Werth der 1. Untersuchung nicht mehr sehr viel grösser als 1. Eine Wiederholung dieser 1. Untersuchung mit grösseren Distanzen wäre aber von besonderem Interesse.

Ehe ich diesen Abschnitt verlasse, möchte ich vor einem Missverständniss warnen. Ich habe zum Beginn gesagt: Wenn die Zuwachshypothese wirklich leistet, dass

$$\frac{Sta + \alpha}{L + \beta} = \frac{Sta' + \alpha}{L' + \beta} \cdots = \frac{Sta^n + \alpha}{L^n + \beta} = C, \qquad (1$$

so muss

$$C = \frac{Sta' - Sta}{L' - L} = \frac{Sta'' - Sta}{L'' - L} \cdots = \frac{Sta^n - Sta}{L^n - L} \qquad (2$$

sein; und es hat sich Gleichung 2 in der That bewährt.

Nun könnte man auch umgekehrt schliessen, dass durch Bewährung der Gleichung 2 auch die Gleichung 1 bewiesen sei. Dieser Schluss ist unrichtig, es könnte vielmehr Gleichung 2 bestehen und dennoch $\frac{Sta + \alpha}{L + \beta} = C'$; $\frac{Sta' + \alpha}{L' + \beta} = C''$; $\frac{Sta^n + \alpha}{L^n + \beta} = C^{n+2}$ sein und dies ist ja für den Fall $\alpha = 0$ und $\beta = 0$ das unmittelbare Ergebniss der Versuche, lässt sich aber auch für wirkliche Werthe von α und β leicht beweisen. Dabei zeigt sich auch, dass alsdann die Werthe C', $C'' \cdots C^{n+2}$, welche wachsenden Sta entsprechen, sich dem Werthe $C = \frac{Sta' - St}{L' - L}$ u. s. f. immer mehr nähern müssten und also C^{n+2}, einem sehr grossen Sta^n entsprechend, merklich $= C$ wäre.

Die Sache steht also so: 1. Die Zuwachshypothese ist in der Natur der Sache begründet und die Annahme, dass für sie ein con-

stantes X existire, ist durch die Versuchsresultate nicht widerlegt, da die obige Gleichung 2 sich bewährt hat 2. Könnte man die Distanzen beliebig gross nehmen, so würde das „Aequivalenzverhältniss“ x bei sehr grossem Sta schliesslich merklich $= X = 1$, d. h. das Urtheil „gleich gross“ würde in diesem Fall abgegeben, wenn die Distanzen auf Stirn und Lippe nur noch um ein Minimum verschieden sind. Demnach, wenn überhaupt ein constantes Verhältniss zwischen Zähler und Nenner des wahren Aequivalenzbruches beim Aequivalenzversuch nothwendig ist, damit (bei beliebiger A-Distanz) das Urtheil „gleich gross“ erfolge, kann dies Verhältniss nur darin bestehen, dass beide jeweils gleich gross sind. Gleich gross werden sie durch die Zuwächse, deren Einfluss bei kleinem Sta und L natürlich so gross ist, dass x nicht gleich x' etc. sein kann, bei sehr grossem Sta^n und L^n aber merklich verschwindet. — Dass X gerade $= 1$, macht diese Auffassung in hohem Maasse plausibel, denn dies ist uns allein verständlich; wogegen, wenn X irgend einem anderen Werth gleich wäre, die Thatsache zwar acceptirt werden müsste, aber offenbar eine ganz unbefriedigende Lösung wäre. Allerdings, da mein Versuchsmaterial klein, kann man nicht für genügend bewiesen erachten, dass überall $X = 1$ sei; wenn dies aber der Fall ist, was durch weitere Versuche leicht constatirt werden kann, wird man die Zuwachshypothese für bewiesen und damit die Vorgänge beim Aequivalenzversuch für erklärt halten müssen.

α und α', sowie β und β' oder vielmehr ein Mittelwerth zwischen α und α'; β und β' wird für die Empfindlichkeit der Hautstellen charakteristisch sein, indem offenbar diese Zuwächse bei fein tastenden Stellen gross, bei schlecht tastenden klein sind.

Es entsteht nunmehr die Aufgabe, α und α', β und β' zu berechnen, deren Lösung ich aber nur andeuten will, da sich meine Versuche zu einer genauen Bestimmung dieser Werthe doch nicht eignen. Ich wähle als Beispiel die dritte Untersuchung, für welche 5 Gleichungen zu Gebot stehen, nämlich

$$X^2 = \frac{Fa + \alpha}{L + \beta} \cdot \frac{F + \alpha'}{La + \beta'} \qquad (1$$

$$X^2 = \frac{Fa' + \alpha}{L' + \beta} \cdot \frac{F' + \alpha'}{La' + \beta'} \text{ etc.} \qquad (2$$

werden diese Gleichungen entwickelt, so kommt z. B. für Gl. 1

$$Fa \cdot F + Fa \cdot \alpha' + F \cdot \alpha + \alpha \cdot \alpha' = X^2 (L \cdot La + L\beta' + \beta\, La + \beta \cdot \beta')$$

und wird Gl. 1 von 2 abgezogen

$$Fa' . F' - Fa . F + \alpha' (Fa' - Fa) + \alpha (F' - F)$$
$$= X^2 [La'\, L' - La\, L + \beta' (L' - L) + \beta (La' - La)] \qquad \text{I)}$$

und wird Gleichung 1 von 3 abgezogen

$$Fa'' \cdot F'' - Fa \cdot F + \alpha' (Fa'' - Fa) + \alpha (F'' - F)$$
$$= X^2 [La''\, L'' - La\, L + \beta' (L'' - L) + \beta (La'' - La)] \qquad \text{II)}$$

und desgleichen III und IV. Nun ist nach G^1-Verfahren $Fa = La$; $Fa' = La'$ u. s. f. und sind α' und $X^2\beta$ in Gleichung I mit den gleichen Coefficienten behaftet, ebenso in Gleichung II, III und IV, bei G^2-Verfahren ist $La = L$ und daher gilt das oben Gesagte hier von β' und β; was ihre gesonderte Berechnung jeweils unmöglich macht oder wenigstens sehr erschwert. Dem könnte man durch kleine Kunstgriffe bei Anstellung der Versuche abhelfen. Ich habe für mich α und β' berechnet und für α einen kleinen negativen, für β' einen kleinen positiven Werth gefunden, was nicht unmöglich ist; allein ich glaube nicht, denselben eine Bedeutung beilegen zu dürfen.

Wenn α, β, α', β' berechnet sind, ist es möglich, das L und F, welches irgend einem Fa und La entspricht, zu berechnen und damit auch x als Function von Fa, La, α, α', β und β' darzustellen, nämlich:

da $$Fa + \alpha = CL \cdot + C\beta$$

so ist $$L = \frac{Fa + \alpha - C\beta}{C}$$

und da $$F + \alpha' = C' La + C' \beta'$$

so ist $$F = C' La + C' \beta' - \alpha'$$

nun ist $$x^2 = \frac{Fa \cdot F}{L \cdot La}$$

$$= \frac{Fa \cdot C (C' La + C' \beta' - \alpha')}{La \cdot (Fa + \alpha - C\beta)}$$

$$= \frac{Fa \cdot (C \cdot C' La + C \cdot C'\beta' - C\alpha')}{La\, (Fa + \alpha - C\beta)}$$

ferner ist $1 = X^2 = C \cdot C'$ und ist beim G^1-Verfahren $Fa = La$, daher bei diesem Verfahren auch

$$x^2 = \frac{Fa + \beta' - C\alpha'}{Fa + \alpha - C\beta}\text{1)}$$

— — —

Es ist im Eingang als zweite Hauptaufgabe bezeichnet worden, zu untersuchen, ob Distanzen, welche man an zwei verschiedenen Körperstellen durch Versuche als äquivalent ermittelt hat, einer und derselben Distanz an einer dritten Körperstelle äquivalent sind. Es handle sich um Handgelenk, Stirne und Lippe und werde das von constanten Fehlern befreite Aequivalenzverhältniss bezeichnet mit $x = \frac{\text{Handgelenk}}{\text{Stirne}}$, $y = \frac{\text{Handgelenk}}{\text{Lippe}}$, $z = \frac{\text{Stirne}}{\text{Lippe}}$. Nun muss, damit obige Frage bejaht werden kann, $x \cdot z = y$, sofern nämlich die *A*-Distanzen richtig gewählt werden, da ja die Grösse derselben auf das Aequivalenzverhältniss von Einfluss ist.

Sechste Untersuchung.

Bei den Versuchen zwischen Handgelenk und Stirne wurde das G^1-Verfahren eingehalten, da von früher bekannt, dass x hier nahezu $= 1$ und erhielt ich also $x^2 = \frac{Ha}{St} \frac{H}{Sta}$. wobei $Sta = Ha$ gemacht wurde. Bei den Versuchen zwischen den anderen Körper-

1) Es wird sich nicht selten darum handeln, einen mittleren Werth für x^2 zu finden, wenn Fa von m bis n wächst. Dieser Mittelwerth werde bezeichnet durch $\sqrt{}_m^n$; Fa werde bezeichnet mit y; x^2 mit X. Dann ist $\sqrt{}_m^n =$

$$= \frac{\int_m^n X\,dy}{\int_m^n dy}$$ und wenn für X sein Werth eingesetzt wird

$$\sqrt{}_m^n = \frac{\int_m^n \frac{y + \beta' - C\alpha'}{y + \alpha - C\beta} . dy}{\int_m^n dy}$$

$$\sqrt{}_m^n = 1 + \frac{\alpha - C\beta - \beta' + C\alpha'}{n - m} \cdot \frac{\log\left(\frac{m + \alpha - C\beta}{n + \alpha - C\beta}\right)}{M}$$

wobei M den Modulus der natürlichen Logarithmen $= 0{,}43429$ bedeutet.

stellen aber wurde das G^2-Verfahren eingehalten, daher $y^2 = \frac{Ha}{L} \cdot \frac{H'}{L}$ und $Z^2 = \frac{Sta}{L'} \cdot \frac{St'}{L'}$, wobei *Sta* wieder $= Ha$ gemacht wurde. (Wäre x nicht $= 1$, so hätte *Sta* jedesmal $= St$ gewählt werden müssen.) Im Uebrigen sind die Versuche durchaus wie früher beschrieben, angestellt worden.

Tabelle I.

1885	Handgelenk-Stirne *A*-Dist. auf Gelenk zuerst aufgesetzt			Handgelenk-Lippe *A*-Dist. auf Gelenk zuerst aufgesetzt			Stirne-Lippe *A*-Dist. auf Stirne zuerst aufgesetzt		
	A-Dist.	kleine *A*-Dist.	grosse *A*-Dist.	*A*-Dist.	kleine *A*-Dist.	grosse *A*-Dist.	*A*-Dist.	kleine *A*-Dist.	grosse *A*-Dist.
1. Abtheilung 21.—24. August	4 u. 8	3,903	7,700	4 u. 8	2,218	5,480	4 u. 8	2,230	5,610
2. Abtheilung 28. Aug. b. 1. Sept.	„	3,718	7,450	„	2,798	5,766	„	2,615	6,018
3. Abtheilung 6.—9. September	„	3,831	7,291	„	2,743	6,020	„	2,600	5,837
4. Abtheilung 12.—14. Septbr.	„	3,796	7,500	„	3,040	6,430	„	3,195	6,260
Mittel aller Versuche	„	3,818	7,409	„	2,679	5,909	„	2,627	5,914

Tabelle III.

	A-Dist. auf Stirne zuerst aufgesetzt			*A*-Dist. auf Lippe zuerst aufgesetzt			*A*-Dist. auf Lippe zuerst aufgesetzt		
1 Abtheilung 24.—27. August	4 u. 8	4,056	8,184	2,2 u. 5,5	3,731	7,578	2,2 u. 5,6	3,544	7,284
2. Abtheilung 2.—5. Septbr.	„	3,756	7,628	2,8 u. 5,8	3,791	7,218	2,6 u. 6,0	3,622	6,772
3. Abtheilung 9.—11. Septbr.	„	3,944	7,900	2,7 u. 6,0	3,781	7,481	2,6 u. 5,8	3,766	7,062
4. Abtheilung 15.—17. Septbr.	„	3,887	8,075	3,0 u. 6,4	3,808	7,785	3,2 u. 6,3	3,787	7,196
Mittel aller Versuche	„	3,912	7,938	2,68 u. 5,91	3,775	7,498	2,63 u. 5,91	3,672	7,070

$$x = \sqrt{\frac{4,000 \cdot 3,912}{3,818 \cdot 4}} = 1,0125; \; x' = 1,0349$$

$$y = \sqrt{\frac{4{,}000 \cdot 3{,}775}{2{,}679 \cdot 2{,}68}} = 1{,}4517;\ y' = 1{,}3110$$

$$z = \sqrt{\frac{4{,}000 \cdot 3{,}672}{2{,}627 \,.\, 2{,}63}} = 1{,}4669;\ y' = 1{,}2724$$

$x \cdot z = 1{,}4852$; $x' \cdot z' = 1{,}3172$, was nahe genug mit dem beobachteten Werth von y zusammentrifft.

Bei dieser Untersuchung ist der Einfluss der Uebung sehr zu bemerken. Ich gebe die Aequivalenzverhältnisse der 4 Abtheilungen besonders wie folgt:

	Handgelenk-Stirne		Handgelenk-Lippe		Stirne-Lippe	
	x	x'	y	y'	z	z'
1. Abtheilung	1,019	1,031	1,749	1,418	1,700	1,362
2. „	1,005	1,012	1,391	1,314	1,460	1,225
3. „	1,015	1,041	1,429	1,287	1,493	1,292
4. „	1,012	1,038	1,292	1,230	1,217	1,208

Während x unregelmässig schwankt, werden die y und z mit zunehmender Uebung kleiner, was wohl einer vermehrten Empfindlichkeit des Handgelenkes und der Stirne zugeschrieben werden muss.

Siebente Untersuchung.

Da Handgelenk und Stirne bei *Ae* immer so ziemlich gleichbefunden werden und auch dem unmittelbaren Gefühl nach beide zu denjenigen Regionen gehören, auf welchen die Distanzen ziemlich undeutlich empfunden werden, entschloss ich mich zu einer Wiederholung des eben beschriebenen Versuches unter Beiziehung anderer Körperstellen und wählte dazu Handgelenk, Handteller, Nagelglied des Mittelfingers. Das letztere gehört bekanntlich zu den am besten tastenden Körperstellen, Handteller steht in der Mitte und gibt namentlich viel deutlichere Empfindung als das Handgelenk. Die Distanzen wurden diesmal auf der Volarseite, aber in der Längsrichtung des Gliedes aufgesetzt, weil sonst am Nagelglied nicht genug ebene Fläche vorhanden gewesen wäre. Am Handgelenk stand eine Zirkelspitze in der Nähe der Furche, welche die Hand vom Arm scheidet, die andere dem Ellbogengelenk zu, am Finger die eine Zirkelspitze an der Furche zwischen erstem und zweitem Finger-

glied; im Handteller sollte die Mitte der Distanz ungefähr mit der Mitte der Körperstelle zusammenfallen und hielt ich mich, um jedesmal die richtige Lage zu erreichen, auch hier an die Furchen in der Haut. Die Ausführung ist ähnlich wie bei der sechsten Untersuchung geschehen, wovon die Tabellen nähere Einsicht gewähren.

Tabelle I.

1886	Handgelenk-Vola A-Dist. auf Gelenk zuerst aufgesetzt			Handgelenk-Finger A-Dist. auf Gelenk zuerst aufgesetzt			Vola-Finger A-Dist auf Vola zuerst aufgesetzt		
	A-Dist.	kleine A-Dist.	grosse A-Dist.	A-Dist.	kleine A-Dist.	grosse A-Dist.	A-Dist.	kleine A-Dist.	grosse A-Dist.
1. Abtheilung 3.—7. Juli	4 u. 8	4,110	7,560	4 u. 8	3,565	6,092	4 u. 8	3,450	5,840
2. Abtheilung 15.—18. Juli	„	3,659	7,120	„	3,319	6,247	„	3,225	6,225
3. Abtheilung 29. Juli b. 4. Aug.	„	3,931	7,172	„	3,362	6,459	„	3,400	6,416
4. Abtheilung 11.—14. Aug.	„	4,004	7,342	„	3,579	6,579	„	3,508	6,446
Mittel aller Versuche	„	3,905	7,319	„	3,452	6,329	„	3,390	6,219

Tabelle III.

	A-Dist. auf Vola zuerst aufgesetzt			A-Dist. auf Finger zuerst aufgesetzt			A-Dist. auf Finger zuerst aufgesetzt		
1. Abtheilung 7.—14. Juli	4,10u. 7,56	4,037	7,406	3,60u. 6,10	4.006	7,281	3,45u. 5,84	3,866	6,844
2. Abtheilung 19.—25. Juli	3,66u. 7,10	3,900	7,203	3,32u. 6,25	3,794	7,256	3,22u. 6,22	3,622	6,775
3. Abtheilung 6.—11. Aug.	3,93u. 7.17	3,975	7,215	3,36u. 6,46	3,810	6,850	3,40u. 6,42	3,819	6,966
4. Abtheilung 15.—17. Aug.	4,00u. 7,34	3,846	7,450	3,58u. 6,58	3,871	7,542	3,51u. 6,45	3,862	6,754
Mittel aller Versuche	3,90u 7,32	3,946	7.310	3,45u. 6,33	3,869	7,211	3,39u. 6,22	3,803	6,840

$$x = \sqrt{\frac{4{,}000 \cdot 3{,}946}{3{,}905 \cdot 3{,}90}} = 1{,}0174; \; x' = 1{,}0449$$

$$y = \sqrt{\frac{4.000 \cdot 3{,}869}{3{,}452 \cdot 3{,}45}} = 1{,}1384; \; y' = 1{,}2000$$

$$z = \sqrt{\frac{4.000 \cdot 3,803}{3,390 \cdot 3,39}} = 1,1505;\ z' = 1,1894$$

$x \cdot z = 1,1190$ $x' z' = 1,1485$, was von dem beobachteten y viel weiter abweicht, als auf Rechnung unausgeglichener Zufälligkeiten zu setzen ist.

Ein Uebungseinfluss zeigt sich diesmal nicht, wenn man die Aequivalenzverhältnisse der einzelnen Abtheilungen berechnet; beachtenswerth ist die Verkehrtheit, dass diesmal der grösseren A-Distanz Aequivalenzverhältnisse entsprechen, welche der Einheit ferner stehen, als die bei kleiner A-Distanz erhaltenen. Das Aufsetzen der Distanzen in der Längsrichtung mag von ungünstigem Einfluss gewesen sein, indem man dabei in grosser Gefahr ist, in Gebiete verschiedener Empfindlichkeit zu gerathen, wenigstens an Vola und Finger.

Nachdem es gelungen ist, eine Formel für x zu finden, lässt sich die in Untersuchung 6 und 7 experimentell bearbeitete Frage auch theoretisch untersuchen. Es handle sich um Handgelenk, Stirn und Lippe, für die beiden letzten Körpertheile seien die Zuwächse wie bisher α und α', β und β', für das Handgelenk aber γ und γ', die C-Werthe seien zwischen Handgelenk und Stirne C'; zwischen Handgelenk und Lippe C''; zwischen Stirne und Lippe C'''. Unter der Voraussetzung, dass das G^1-Verfahren eingehalten worden wäre, ist zu setzen:

$$x^2 = \frac{Ha + \alpha - C'\gamma'}{Ha + \gamma - C'\alpha'} \tag{1}$$

$$y^2 = \frac{Ha + \beta' - C''\gamma'}{Ha + \gamma - C''\beta} \tag{2}$$

$$z^2 = \frac{Sta + \beta' - C'''\alpha'}{Sta + \alpha - C'''\beta} \tag{3}$$

wobei $Sta = Ha$ genommen wurde.

$$x^2 \cdot z^2 = \frac{(Ha + \alpha - C'\gamma')\ (Sta + \beta' - C'''\alpha')}{(Ha + \gamma - C'\alpha')\ (Sta + \alpha - C'''\beta)}$$

wenn nun $\alpha = \gamma$; $\alpha' = \gamma'$, wird der erste Factor in Zähler und Nenner (des Werthes für $x^2 z^2$) gleich gross. Im zweiten Factor des Zählers kann man statt α', γ'; und im Nenner statt α, γ ein-

setzen und hat alsdann $x^2 z^2 = \frac{Sta + \beta' - C''' \gamma'}{Sta + \gamma - C''' \beta}$, welches $= y^2$, wenn $C'' = C'''$. Dass die Werthe α und α' (welche die Stirne betreffen) $= \gamma$ und γ' (auf dem Handgelenk); dass C'', welches beim Versuch zwischen Handgelenk und Lippe auftritt, $= C'''$, welches Stirne und Lippe betrifft, sind plausible Voraussetzungen und trifft Analoges wohl bei viel mehr Körperstellen zu, als man auf den ersten Blick annehmen sollte. Bei den schlecht tastenden Körperstellen nämlich, deren Ausdehnung die der gut tastenden bei Weitem übertrifft, sind die Zuwächse zu den aufgesetzten Distanzen wohl durchweg verhältnissmässig sehr klein und noch dazu wenig von einander verschieden, auch die C-Werthe, welche zwischen den schlecht tastenden Stellen unter einander, und den schlecht tastenden und einer und derselben gut tastenden Stelle entstehen, werden nur sehr geringe Unterschiede aufweisen.

Ganz genau werden freilich die Zuwächse an verschiedenen Körperstellen und die C-Werthe zwischen verschiedenen Körperstellen nicht gleich sein, und gerade bei den feiner tastenden Stellen, bei welchen eine Messung der Empfindlichkeit am meisten Interesse hat, werden sie am wenigsten gleich sein, daher wird jedenfalls hier ein allgemeines Maass für die Empfindlichkeit im Sinn der ursprünglichen Annahme durch die Aequivalenzmethode nicht erhalten werden können; sondern man hat sich an die Formel für x^2 und an die für die Empfindlichkeit charakteristischen Constanten zu halten, wenn man ganz genaue Maassbestimmungen haben will.

Die folgenden Untersuchungen sind darauf gerichtet, die Empfindlichkeit centraler und seitlicher Partien an den oben beigezogenen Körperstellen zu prüfen. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Man prüft eine centrale und die unmittelbar daneben gelegenen seitlichen Hautstellen. Dabei tritt, wie aus der Zeichnung zu sehen ist $\overline{e \quad a'}\ \overline{a \quad b}\ \overline{b' \quad c}$ Folgendes ein: Wenn z. B. die A-Distanz zuerst auf ab aufgesetzt wird und $b'c$ als B-Distanz gefunden werden soll, kommen die beiden sich sehr nahe liegenden Hautpunkte b und b' unmittelbar nach einander zur Action, desgleichen a und a' im entsprechenden Fall. Ebenso geht es, wenn

b'c oder *ea'* die *A*-Distanz und *ab* *B*-Distanz wird. Da nun Berührung von *b* auch auf *b'* einen gewissen Einfluss ausüben wird, kann der gedachte Umstand von Einfluss auf das Versuchsresultat sein, ohne dass er aber zu vermeiden wäre.

2. Man prüft eine centrale Stelle und die rechts und links ferner gelegenen seitlichen Partien.

Die Art, wie die Versuche angestellt wurden, ist aus den Tabellen ohne weiteres ersichtlich und nur noch zu bemerken, dass die Distanzen quer zur Längsachse des Kopfes (resp. Armes) aufgesetzt wurden.

Achte Untersuchung.

Mitte der Oberlippe gegen linke und rechte Seite, nach Verfahren 1 *A*-Distanz = 3 Linien, G^1-Verfahren.

Datum	Tabelle I *A*-Distanz auf Mitte, zuerst aufgesetzt		Tabelle III *A*-Distanz auf Seite, zuerst aufgesetzt	
	B-Distanz links	*B*-Distanz rechts	*A*-Distanz links	*A*-Distanz rechts
1885 18.—29. Jan.	2,921	2,996	2,787	2,686

Das Aequivalenzverhältniss zwischen Mitte und linker Seite ist 0,9768, zwischen Mitte und rechter Seite 0,9468, durchschnittlich zwischen Mitte und Seite 0,9617.

Neunte Untersuchung.

Mitte der Stirn gegen linke und rechte Seite der Stirn nach Verfahren 1 *A*-Distanz = 4 Linien, G^1-Verfahren.

Datum	Tabelle I *A*-Distanz auf Mitte zuerst aufgesetzt		Tabelle III *A*-Distanz auf Seite zuerst aufgesetzt	
	B-Distanz links	B-Distanz rechts	*A*-Distanz links	A-Distanz rechts
1885 4.—13. Febr.	3,744	3,916	3,751	3,572

Das Aequivalenzverhältniss zwischen Mitte und linker Seite ist 1,0009, zwischen Mitte und rechter Seite ist 0,97730, durchschnittlich zwischen Mitte und Seite: 0,9770.

Zehnte Untersuchung.

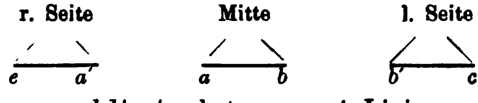
Mitte des Handgelenks gegen seitliche Partien des Handgelenks nach Verfahren 1 *A*-Distanz = 4 Linien, G^1-Verfahren

Datum	Tabelle I *A*-Distanz auf Mitte zuerst aufgesetzt		Tabelle III *A*-Distanz auf der Seite zuerst aufgesetzt	
	B-Distanz links	*B*-Distanz rechts	*A*-Distanz links	*A*-Distanz rechts
1885 13.—26. März	3,865	3,935	3,932	3,868

Das Aequivalenzverhältniss zwischen Mitte und linker Seite ist 1,0086, zwischen Mitte und rechter Seite 0,9914, durchschnittlich zwischen Mitte und Seite 1,0000. Die gesammte Ausdehnung der untersuchten Stellen beträgt also ca. 9 Linien bei der achten, ca. 12 Linien bei der neunten und zehnten Untersuchung und kommen davon 3 resp. 4 Linien auf die „Mitte", etwa ebensoviel auf die rechte und linke Seite, in unmittelbarem Anschluss an die Mitte. Es hat sich ergeben, dass die Mitte ein ganz klein wenig besser tastet als die Seiten, jedoch ist der Unterschied sehr unbedeutend.

Elfte Untersuchung.

Dieselbe bezieht sich auf Mitte und seitliche Partien des Handtellers. Es kam das zweite Verfahren zur Anwendung, G^1-Verfahren.



Die Entfernung bb' $a'a$ betrug ca. 4 Linien.

Datum	Tabelle I *A*-Distanz auf Mitte zuerst aufgesetzt = 4 Linien		Tabelle III *A*-Distanz auf Seite zuerst aufgesetzt = 4 Linien	
	B-Distanz links	*B*-Distanz rechts	*A*-Distanz links	*A*-Distanz rechts
1885 23. Sept. bis 4. October	3,736	3,838	3,874	3,916

Das Aequivalenzverhältniss zwischen Mitte und linker Seite ist 1,0183, zwischen Mitte und rechter Seite 1,0102, durchschnittlich zwischen Mitte und Seite 1,0142.

Zwölfte Untersuchung.

Bezieht sich auf Mitte und seitliche Partien der Stirne und ist ganz in derselben Weise ausgeführt wie die elfte Untersuchung. Die Resultate sind:

Datum	Tabelle I *A*-Distanz auf Mitte zuerst aufgesetzt = 4 Linien		Tabelle III *A*-Distanz auf Seite zuerst aufgesetzt = 4 Linien	
	B-Distanz links	*B*-Distanz rechts	*A*-Distanz links	*A*-Distanz rechts
1885 4.—11. Oct.	3,878	3,955	3,935	3,950

Das Aequivalenzverhältniss zwischen Mitte und linker Seite ist 1,0073, zwischen Mitte und rechter Seite 0,9993, durchschnittlich zwischen Mitte und Seite 1,003. Auch bei diesen Untersuchungen ist der Unterschied zwischen Mitte und Seiten minimal. — Auffallend ist, dass bei allen fünf Untersuchungen die linke Seite etwas schlechter tastet, als die rechte, es kann dies aber auch nur von der verschiedenen Lage der Hand herrühren, welche von der Person, die dem Beobachter die Distanzen aufsetzt, etwas anderes gehalten wird bei Berührung der linken, als der rechten Seite.

Dreizehnte Untersuchung.

Die Versuche, über welche hier zu berichten ist, hatten einen doppelten Zweck: 1. sollte die Empfindlichkeit des Handtellers, Volarseite, ungefähr Mitte, in der Richtung quer zur Längsachse (= ▬) und in der Richtung der Längsaxe (= ❙) geprüft werden; 2. kamen alle drei psycho-physischen Methoden zur Verwendung, so dass ein Vergleich zwischen ihnen angestellt werden konnte. Die Versuche sind so angestellt, dass zuerst die erste Hälfte von *Ae*, sodann die erste Hälfte von *Ri* und von *E M* fertig gestellt wurde, alsdann folgte wieder *Ae* etc. Ueber die näheren Umstände ist bei den einzelnen Methoden Auskunft gegeben.

1. *Ae*, *A*-Distanz = 8 Linien G^1-Verfahen.

Datum	Tabelle I *A*-Dist. in ▬ zuerst aufgesetzt	Tab. II *A*-Dist. in ▬ zweit aufgesetzt	Tab. III *A*-Dist. in ❙ zuerst aufgesetzt	Tab. IV *A*-Dist. in ❙ zweit aufgesetzt
1884 14. Nov. bis 3. Dec.	7,759	8,046	7,386	7,784

Der Aequivalenzwerth zwischen ▬ und ❙ ist, aus Tabelle I und III berechnet = 0,9757; aus Tabelle II und IV berechnet aber = 0,9836; im Mittel 0,9796; also tastet ▬ etwas besser als ❙.

Die Versuche nach *Ri* sind mit den Abständen 0,3; 0,6; 0,9 und 1,2 Linien angestellt unter Anwendung aller Vorsichtsmaassregeln, welche mir von früheren Versuchen her als nothwendig bekannt waren. Ich muss über die Methode *Ri* selbst auf die anfangs erwähnte Abhandlung Fechner's oder ihren Auszug (Bd. 21 S. 527 d. Zeitschr.) verweisen und bemerke hier nur, dass die Versuche wissentlich angestellt waren, dass für jede Distanz und — sowohl als | 200 Versuche gemacht sind (wovon 50 auf jeden Beobachter kommen), dass zwischen den einzelnen Versuchen jeder Beobachter fünf Minuten Pause hatte. Es wurden folgende Urtheile abgegeben 1. zwei Spitzen, 2. mehr als eine Spitze, 3. unbestimmt, 4. eine Spitze; nämlich 1. und 4. wenn die Beobachter ihrer Sache sicher zu sein glaubten; 2. wenn überwiegende Wahrscheinlichkeit für sie bestand, zwei Spitzen empfunden zu haben; 3. wenn sie sich des Urtheils ganz entschlagen wollten. Diese letztere Entscheidung kam aber unter allen 1600 Versuchen nur einmal vor.

	Richtung —								Richtung ❙								
Distanzen	0,3		0,6		0,9		1,2		0,3		0,6		0,9		1,2		Datum
Urtheile	2 Sp.	m.	2 Sp.	m.	2 Sp.	m.	2 Sp.	m.	2 Sp.	m.	2 Sp.	m.	2 Sp.	m.	2 Sp.	m.	1884
	6	31	13	67	23	85	70	64	7	38	27	102	56	96	99	74	19 Nov. b. 10. Dec.

Es sind in der Tabelle nur die Urtheile „zwei Spitzen“ und „mehr als eine Spitze“ gegeben, das Urtheil „eine Spitze“ könnte übrigens aus der Tabelle entnommen werden, da ja die Zahl der Fälle für jede Distanz = 200. Bei Distanz 0,6 Richtung | kam wie bemerkt, einmal die Entscheidung „unbestimmt“ vor.

Zur Berechnung der Versuchsresultate hat man noch die Summen $2\,Sp + \frac{m}{2}$ zu bilden, also z. B. bei Richtung — Distanz 0,3; $6 + \frac{31}{2} = 21{,}5$. Diese Summen nennt man bei *Ri* gewöhnlich r' und rechnet sie in Procentwerthe um, also haben wir r' in %

	Richtung —				Richtung ❙			
Distanzen	0,3	0,6	0,9	1,2	0,3	0,6	0,9	1,2
	10,75	23,50	32,75	51,00	13,00	39,00	52,00	68,00

Die Berechnung bei *Ri* geschieht nämlich nach der Formel $t = h \cdot D + k$, wobei D die Distanz, h und k Constante, welche für den Grad der vorhandenen Empfindlichkeit charakteristisch und maassgebend sind. t bedeutet einen, nach der sog. Fundamentaltabelle (welche in Fechner's Aufsatz abgedruckt ist) von r' abhängigen Werth. Da 2 D zur Berechnung von h und k genügen, hier aber 4 D vorhanden sind, ist h und k nach der Summationsmethode oder nach der schärferen Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen, beide Rechnungen gaben sehr nahestehende Resultate. Ich gebe h und k nach Fechner's Berechnung, nach Methode der kleinsten Quadrate.

Richtung —	Richtung |
$h = 0{,}1452$	$h' = 0{,}0896$
$k = 0{,}4138$	$k' = 0{,}4440.$

Man sieht auf den ersten Blick, dass die Empfindlichkeit bei Richtung — viel grösser ist als bei Richtung |, indem k und k' fast gleich, h aber viel grösser als h'. Noch schärfer tritt dies hervor, wenn man das Aequivalenzverhältniss zwischen Richtung — und | berechnet, was nach einer von mir früher mitgetheilten Formel zu geschehen hat. Das Aequivalenzverhältniss ist auch bei *Ri* abhängig von der Grösse des jeweils verwandten D, und ist in diesem Fall das Mittel aller möglichen Aequivalenzverhältnisse zwischen den Grenzen 0,3 und 1,2 zu berechnen. Die Formel ist

$$V_{0,3}^{1,2} = \frac{h'}{h} + \frac{\frac{k'-k}{h} \cdot \log\left(\frac{1,2}{0,3}\right)}{M \cdot (1,2 - 0,3)} = 0{,}7295. \quad M \text{ ist } = 0{,}43429$$

(siehe d. Zeitschr. Bd. 21 S. 597 u. 598).

Bei den Versuchen nach *EM* konnte man, wie bei *Ae*, eine beliebig zu gross genommene Distanz successive so lange verkleinern bis sie eben als Distanz merklich zu werden aufhörte, Fall $\wedge$; oder eine zu klein genommene Distanz so lange vergrössern, bis sie eben als Distanz merklich wurde, Fall $\vee$ und es ergeben sich hier ähnliche Versuchscombinationen wie bei *Ae*, auf welche einzugehen überflüssig ist. Im Ganzen sind für Richtung — 240 Versuche vorhanden (also 120 Fälle $\wedge$ und ebensoviel $\vee$) wovon 60 Fälle für jeden der vier Beobachter und ebenso für Richtung |.

	Richtung —								Richtung ┃								Datum
	Beob. I		Beob. II		Beob. III		Beob. IV		Beob. I		Beob. II		Beob. III		Beob. IV		
	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	
mittlere *EM*	2,73	2,85	2,50	2,62	2,45	2,83	2,34	3,00	3,30	3,48	2,54	2,49	2,98	3,48	3,30	3,70	1884 25. Nov. b. 17. Dec.
	Gesammtmittel 2,665								Gesammtmittel 3,157								

Das Aequivalenzverhältniss zwischen Richtung — und ┃ ist 0,8441. Das Mittel aller ∧ Fälle (von beiden Richtungen) ist 2,767, das Mittel aller ∨ Fälle 3,056. Ich hätte eher das Gegentheil erwartet.

Alle 3 Versuchsmethoden haben das Resultat ergeben, dass Richtung ┃ etwas weniger fein tastet, als Richtung —, aber die Aequivalenzverhältnisse weichen sehr von einander ab. Es wurde auch bei anderer Gelegenheit von Fechner und mir beobachtet, dass *Ri* einen weit stärkeren Ausschlag gibt als *Ae*, *EM* steht wie es scheint in der Mitte. Zweifellos hängt dies mit der Grösse der bei den verschiedenen Methoden gebrauchten Distanzen zusammen; je kleiner die applicirte Distanz, desto stärker tritt der Unterschied in der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Hautstellen hervor; was sich ja auch bei *Ae* selbst gezeigt hat.

Im Anschluss an die Vergleichung unserer 3 psycho-physischen Methoden will ich nun noch auf die neuesten Entdeckungen auf dem Gebiet des Tastsinnes, von Blix und Goldscheider, eingehen, um dieselben, soweit möglich, zur Erklärung der durch Psycho-Physik erhaltenen Resultate zu verwerthen. Da ich der Arbeit von Blix in dieser Beziehung weniger entnehmen konnte, halte ich mich an Goldscheider allein, welcher angibt: Man empfinde allerdings an jeder Hautstelle eine etwas stärkere Berührung, z. B. mit einer Nadelspitze und wenn die Berührung zu stark geschehe eventuell Schmerz; bei ganz schwachen Berührungen aber zeige sich, dass diese nur von einzelnen Punkten der Haut den „Druckpunkten“ empfunden werden, und dass andere Stellen davon nichts empfinden. Die Druckpunkte zeigen auch bei näherem Studium der Sache ein specifisches Gefühl, nämlich die Empfindung, als ob ein hartes Korn in die Haut hineingedrückt würde, während die von Druckpunkten freien Hautstellen bei ganz schwacher Berührung wie gesagt gar nichts fühlen, bei stärkerer

aber eine „stumpfe und matte" Empfindung haben und bei noch stärkerer stechenden Schmerz, nie aber das „körnige" Gefühl.

Die Druckpunkte seien in Ketten angeordnet, welche von gewissen Punkten nach allen Richtungen ausstrahlen. An einzelnen begünstigten Körperstellen stehen die Druckpunkte so dicht, dass ihre gesonderte Auffindung und Bezeichnung gar nicht ausführbar sei, z. B. an den Fingerbeeren, an ganz ungünstig situirten Körperstellen gibt es (nach Goldscheider's Zeichnungen) ziemlich grosse (etwa linsengrosse) Flächen, auf welchen die Druckpunkte ganz fehlen. Auch sind nicht alle Druckpunkte von gleicher Leistungsfähigkeit, die minder leistungsfähigen sind aber nicht etwa unter die leistungsfähigen gemischt, sondern einzelne Hautstellen besitzen diese, andere jene.

Doppelempfindung erhielt Goldscheider stets nur, wenn die (äusserst feinen) Zirkelspitzen auf zwei Druckpunkte gesetzt wurden. Die Minimaldistanz, bei welcher an einer bestimmten Körperstelle Doppelempfindung erzielt wird, findet man, wenn man zwei Druckpunkte berührt, welche verschiedenen Ketten angehören und in der Nähe der ausstrahlenden Centren gelegen sind. Auch in dieser Beziehung sind die Druckpunkte von verschiedener Leistungsfähigkeit, so dass von einer grösseren Anzahl, welche auf einer bestimmten Körperstelle zu Gebot stehen, oft nur zwei geeignet sind, bei der Minimaldistanz Doppelempfindung zu gewähren. Goldscheider nimmt an, dass die Druckpunkte den Weg specifischer Nervenfasern signalisiren, welche von den „Gefühlsnerven", die punktfreie Stellen versorgen, verschieden seien, und dass gleichzeitige Reizung zweier solcher specifischer Nervenfasern Doppelempfindung hervorrufen könne, gleichgültig wie weit die gereizten Stellen auf der Haut von einander entfernt seien. Seine Angaben für Minimaldistanzen, welche Doppelempfindung hervorrufen, sind z. B.:

Nagelglied, Volarfläche . . .	$0{,}1^{mm}$
Handteller	$0{,}1$—$0{,}5^{mm}$
Stirn	$0{,}5$—$1{,}0^{mm}$
Unterschenkel	$0{,}8$—$2{,}0^{mm}$
Oberschenkel	$3{,}0^{mm}$
Rücken	$4{,}0$—$6{,}0^{mm}$

also ganz minimale Abstände gegenüber den gewöhnlich für *EM* angegebenen. Ich habe z. B. oben für Handteller, mit scharfen Nadelspitzen, ca. 6,5^{mm} erhalten statt 0,1—0,5 bei Goldscheider.

An den mitgetheilten Thatsachen zu zweifeln habe ich um so weniger Grund, als Goldscheider's Angaben mit dem, was ich in dieser Beziehung bei den zahlreichen Tastversuchen an mir selbst beobachtete, vollkommen übereinstimmen. Auch ich habe das „stumpfe, pelzige" Gefühl an schlecht tastenden Körperstellen und die scharfe, genau lokalisirte Empfindung z. B. an der Fingerspitze wohl unterschieden und schon vor Jahren Fechner gegenüber hervorgehoben, dass sowohl bei *Ri* als bei *Ae* der mächtige Unterschied in der Deutlichkeit der Eindrücke sehr in Betracht komme. Bei *Ae* besonders ist es schwierig, die deutlichen Eindrücke, welche man z. B. an der Lippe erhält, zu vergleichen mit den stumpfen an Stirne oder Handgelenk, welch letztere Gegend übrigens in Goldscheider's Zeichnung mit Druckpunkten noch sehr reichlich besetzt ist.

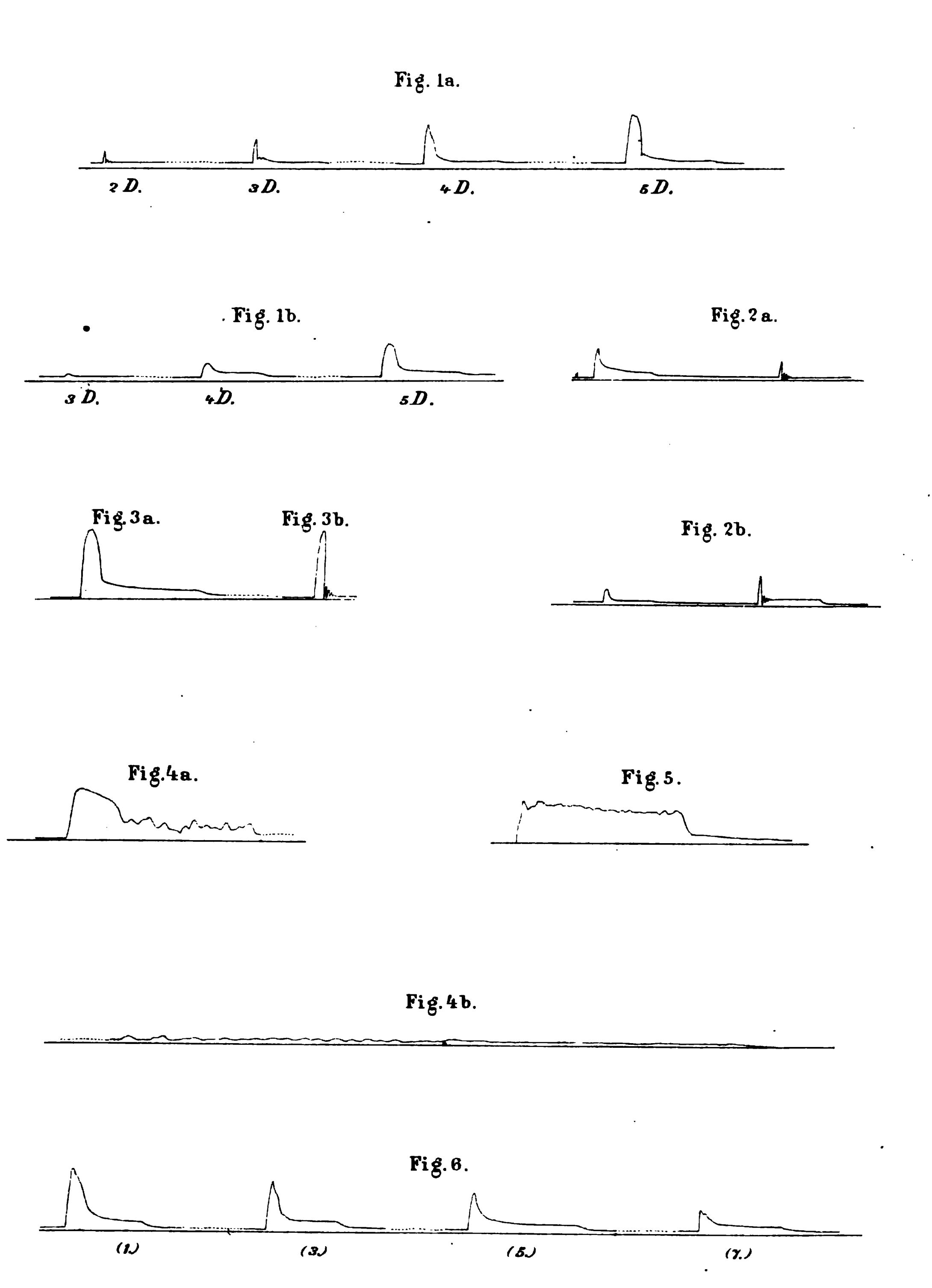
Ich möchte nun aus dem Mitgetheilten folgende Schlüsse ziehen: Wenn man eine Nadelspitze auch mit leichtem Druck, wie bei meinen Versuchen gewöhnlich, auf die Haut aufsetzt, so wird ausser dem unmittelbar betroffenen Punkte auch die umgebende Hautfläche in eine gewisse Bewegung gesetzt und werden die auf der betroffenen Fläche befindlichen Druckpunkte mehr oder weniger gereizt werden. (An der Fingerbeere z. B. erhält man auch bei leichtem Aufsetzen der Nadel eine deutlich sichtbare kleine Grube von kegelförmiger Gestalt, deren Spitze an dem Punkt liegt, wo die Nadel aufgesetzt wurde.) Bei fein tastenden Körperstellen wird die Anzahl der auf solche Weise gereizten Druckpunkte natürlich weit grösser sein als bei schlecht tastenden und diese Vorgänge mögen zu dem Veranlassung geben, was oben Irradiation genannt wurde und erklären ungezwungen, warum die Zuwächse (α, β etc.) bei fein tastenden Körperstellen viel grösser sind als bei schlecht tastenden.

Ferner, wenn man auf gut Glück eine Nadelspitze aufsetzt, wird die Wahrscheinlichkeit, Druckpunkte zu treffen, bei fein tastenden Stellen sehr viel grösser sein als bei schlecht tastenden und entsprechend wird bei *Ri* die Wahrscheinlichkeit grösser sein, richtige

Fälle zu erhalten bei gut tastenden, als bei schlecht tastenden Stellen. Man wird also beim Nagelglied des Fingers viel mehr Aussicht haben, mit der Minimaldistanz Goldscheider's durch zufällige Berührung zweier geeigneter Druckpunkte das Urtheil „zwei Spitzen“ zu erhalten, als am Rücken.

Die Versuche Goldscheider's geben demnach wie ich glaube einen gewissen Aufschluss über die Vorgänge bei *Ri* und *Ae*, soweit nicht psychische Momente in Betracht kommen. Dagegen will es mir nicht gelingen, für die wichtigste Thatsache auf unserem Gebiete, die von Weber entdeckten Verhältnisse bei *EM*, eine Erklärung in den Versuchen Goldscheider's zu finden. Er selbst spricht sich darüber aus wie folgt: Da Weber einen Zirkel mit abgestumpften Spitzen benützte, habe er mit demselben nicht nur eine Summe von Druckpunkten und ihren specifischen Nerven, sondern zugleich von Gefühlsnerven in zufälligem Verhältniss zu einander gereizt. Dabei gehen dem Sensorium zwei lokal getrennte Summen von Nervenerregungen zu und die Doppelempfindung trete vielleicht erst dann auf, wenn die Mehrzahl der Einzelempfindungen diesseits, von der Mehrzahl der Einzelempfindungen jenseits scharf gesondert werden könne. Auch wenn man Zirkel mit scharfen Spitzen benützt, werden diese Erwägungen gültig bleiben. Leider aber geben sie durchaus keinen Aufschluss über die Frage, warum an verschiedenen Körperstellen die Punkte, von welchen die lokal getrennten Summen von Nervenerregungen ausgehen müssen, so verschieden weit von einander entfernt sein müssen, um getrennt empfunden zu werden. Weber gibt z. B. für die Stirne 10 Linien, für den Hals 15 Linien, für Rücken und Brust gar 20 Linien an und ich weiss dies nach den Angaben und Zeichnungen Goldscheider's nicht zu erklären; am ehesten vielleicht durch die (unbewiesene) Hypothese, dass bei Erregung von Gefühlsnerven (im Sinne Goldscheider's) eine weit grössere Minimaldistanz nöthig sei, um Doppelempfindung zu machen, als bei Erregung von Druckpunkten, und dass unter den letzteren auch ein erheblicher Unterschied in dieser Beziehung obwalte (was Goldscheider allerdings selbst angibt). Denn bei den schlecht tastenden Stellen werden die auf gut Glück aufgesetzten Zirkelspitzen selten

auf Druckpunkte, meist auf Flächen, die nur von Gefühlsnerven versorgt sind, aufgesetzt werden. Dass Gefühlsnerven Doppelempfindung gar nicht vermitteln können, gilt wohl nur bei den ganz schwachen Berührungen, mit welchen Goldscheider operirt hat, denn sonst müsste bei schlecht tastenden Stellen und beliebig weiten Spitzenabständen der Fall sehr häufig sein, dass gar keine Distanz wahrgenommen wird, und dem ist nicht so.


Fig. 1a.
2 D.
3 D.
4 D.
5 D.
Fig. 1b.
3 D.
4 D.
5 D.
Fig. 2a.
Fig. 3a.
Fig. 3b.
Fig. 2b.
Fig. 4a.
Fig. 5.
Fig. 4b.
Fig. 6.
(1.)
(3.)
(5.)
(7.)

GESUNDHEITS-INGENIEUR.

Verlag von **R. Oldenbourg** in München und Leipzig.

Erscheint monatlich 2 mal.	**Jahrgang 1887 Nr. 1 enthält:**	Preis pro Semester 6 M.

Jahrgang 1887 Nr. 2 enthält:

Probenummern gratis und franko.

